TORRENTE STURA

IMPIANTO IDROELETTRICO IN LOCALITÀ PIAN DELL'ORSO

NEI COMUNI DI ROSSIGLIONE (GE) E OVADA (AL)

RINNOVO CONCESSIONE DI DERIVAZIONE

4 - Relazione Geologica

Dicembre 2019

REVISIONI		
	DATA	NOTE
REV.1		
REV.2		

Committente: **Manifattura del Turchino S.p.A.**

Piazza della Vittoria n°4/7 - 16121 Genova (GE)

Progettista: **OVADAPROGETTI s.a.s.**

Ing. Sergio Colombo
Via Vittorio Veneto n°11 - 15076 Ovada (AL)



Questo elaborato è di proprietà di Ovadaprogetti s.a.s. . Qualsiasi divulgazione o riproduzione anche parziale deve essere espressamente autorizzata.

Studio XRF
Geologo Alessandro **GENNAI**
A. P. n. 287/A - O. R. G. LIGURIA
C.F.: GNN LSN 64E31 H183H - P.I. 01051380994
Via Amedeo D'Aosta, 4-15b
GE - 16035 RAPALLO
www.studioxrf.it

Comune di ROSSIGLIONE
Provincia di GENOVA

Relazione GEOLOGICA

inerente la ricostruzione del profilo originario del substrato roccioso di una TRAVERSA lungo il torrente Stura in località GIRO DELL'ORSO.

COMMITTENTE : Manifattura del Turchino SpA – Piazza della Vittoria, 4 – Genova.

10 pagine + IX Tavole allegate;

Rapallo, 15 Giugno 2015

Geologo Alessandro GENNAI



1. Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento

Lo scrivente ha preso in esame, in seguito a cortese incarico professionale di Manifattura del Turchino SpA di Genova, una traversa fluviale funzionale ad opera di presa idraulica a servizio dell'impianto di produzione idroelettrica ubicato nell'alveo del torrente Stura a valle della strada Statale del Turchino (SS 486) in località Giro dell'Orso, come illustrato in allegato I.

Si vuole ricostruire il profilo originario del substrato roccioso al di sotto del coronamento della traversa in calcestruzzo mediante osservazione diretta e con l'ausilio di metodi d'indagine non invasivi di tipo geofisico.

2. Inquadramento geologico-geomorfologico

L'area presa in esame si colloca nell'alveo del Torrente Stura caratterizzato dalla presenza di un substrato roccioso appartenente alla formazione delle "serpentinosciti antigoritici del Bric del dente (SNV)", come carta geologica regionale riferita al foglio 212 Spigno Monferrato, come illustrato in allegato II.

La giacitura si presenta a reggipoggio con inclinazione di 35° ed immersione N220° con presenza di diffusi ed importanti affioramenti che rappresentavano di fatto un sbarramento naturale al deflusso delle acque con evidente dislivello morfologico-strutturale.

A monte dello sbarramento si evidenzia la presenza di un notevole accumulo di sedimenti fluviali aventi una potenza prossima a quella del coronamento della traversa con la frazione più grossolana rappresentata da ciottoli, grani e massi in sponda destra e sabbie ben classate accumulate in sponda sinistra.

3. Caratterizzazione geologica e strutturale della traversa in esame.

Al fine di ricostruire il profilo originario del substrato roccioso su cui è stato impostato il manufatto in calcestruzzo preso in esame si è optato per l'utilizzo di tecniche d'indagine non invasive di tipo geofisico quali il GPR, Ground Penetrating Radar ed il rilievo del microtremore sismico a stazione singola, meglio noto come analisi HVSR, oltre che accurato rilievo visivo degli affioramenti disponibili alla base della traversa.

3.1 Rilievo visivo

Il sito in esame è rappresentato da una traversa in calcestruzzo posta nell'ambito di un restringimento dell'alveo del torrente Stura avente le seguenti caratteristiche:

- si tratta di una struttura in calcestruzzo realizzata nella seconda metà del '800 realizzata per alimentare un impianto di produzione di energia idroelettrica attualmente ancora in esercizio;
- la traversa ha una lunghezza di 41 metri suddivisa in 2 corpi principali:

1° corpo: in sponda sinistra risulta ubicato lo scaricatore avente una lunghezza di 8 metri e larghezza di 2 metri ed un'altezza che trova origine nel substrato roccioso in sponda sinistra sino ad arrivare ad un massimo visibile di 6,50 metri in corrispondenza del contatto tra i 2 corpi;

2° corpo: compreso tra il primo corpo e la sponda destra ha una lunghezza complessiva di 33 metri risulta composto su diversi livelli ed in particolare:

§ sulla parte sommitale si evidenzia una struttura il calcestruzzo omogeneo che si sviluppa lungo tutta la superficie per un'altezza media di 0,50 metri per uno sviluppo di 25 metri e prosegue su sponda destra dopo breve rampa per altri 8 metri;

§ il corpo sottostante risulta avere una potenza presunta di 3 metri complessivi, realizzato sempre in calcestruzzo ma con diffuse presente di clasti di notevoli dimensioni a rinforzare la presenza del substrato roccioso sano su cui è stata poi impostata la costruzione della traversa, come testimoniato dalla presenza di affioramenti tra gli elementi lapidei messi in opera a seguito della realizzazione della traversa.

Il substrato roccioso in posto, sulla scorta degli affioramenti visibili in base ad ispezione visiva e ponendo l'origine del sistema di riferimento sul piano calpestabile della sommità della traversa partendo dalla sponda sinistra per arrivare alla sponda destra, risulta così composta:

- nel volume contenente lo scaricatore (primo corpo):

§ l'immorsamento dello stesso nel substrato roccioso risulta chiaramente individuabile che partendo dal piano calpestabile raggiunge una profondità visibile, misurata con rotella metrica, di 6,5 metri, anche se si ritiene che il livello riscontrato non sia il contatto originario quanto piuttosto il residuo di una protuberanza di un affioramento annegato nel calcestruzzo della traversa;

- nel volume contenente il corpo delle traversa (secondo corpo):

§ nella zona indicata come gaveta (vedi allegato IV), si evidenza la presenza di affioramenti del substrato roccioso (vedi particolare in allegato III), tra un clasto di riempimento e l'altro in continuità giaciturale con l'affioramento posto alla base della traversa;

§ in prossimità della sponda destra si evidenzia un'apparente risalita del substrato roccioso sino ad arrivare ad una quota di 2 metri rispetto al piano di calpestio in corrispondenza della zona dopo la breve rampa.

Sulla base dei rilievi visivi in situ il contatto tra manufatto e substrato roccioso si ritiene possa trovarsi ad una profondità compresa tra 3 e 4 metri rispetto al piano di campestio della traversa nella sua parte centrale con risalita dello stesso in corrispondenza delle spalle sia in sponda destra che sinistra.

3.2 Indagini geofisiche

Al fine di verificare la continuità ed il relativo profilo del substrato roccioso al di sotto della struttura in calcestruzzo si è optato per tecniche d'indagine non invasive ed in particolare si è optato per indagine georadar e indagine HVSR in ragione della complementarietà della trasmissione del segnale trasmesso nel sottosuolo dei rispettivi principi d'indagine.

3.2.1 Indagine georadar

La campagna di acquisizione dei dati G.P.R. è stata effettuata nella mattina del 14 Maggio 2015 mediante strumentazione Georadar della ERA Technology, modello SPRScan, equipaggiata con antenne da 250 e 500 MHz.

La fase preliminare di taratura della strumentazione, necessaria per una corretta valutazione delle profondità degli obbiettivi individuati, è stata effettuata sulla base della risposta del materiale agli impulsi radar.

I valori medi ottenuti sono di 10 (V_0/V_c) per la costante dielettrica e di 15 (dB/m) per l'attenuazione. Con tali valori, la profondità di indagine massima raggiungibile risulta essere di circa 5 metri alla frequenza di 250 MHz.

Le sezioni sono state effettuate dapprima con antenna da 500 MHz e fondo scala di 102 ns, pari a circa 4,8 metri di profondità, e risoluzione orizzontale di 2,5 cm.

Le stesse sezioni sono state ripetute dapprima con la stessa antenna ma fondo scala dimezzato (51 ns, pari a 2,4 m), poi con antenna da 250 MHz, settata nuovamente con fondo scala a 102 ns (4,8 metri di profondità).

Le sezioni sono state acquisite percorrendo il camminamento al di sopra della briglia. La ridotta larghezza del camminamento ha permesso di eseguire soltanto sezioni longitudinali, effettuate sia in un senso che nell'altro (andata/ritorno).

Le operazioni di elaborazione dei dati radar sono state effettuate con software dedicati, *Desktop Radar*, *SPR3D* e *RadScan*.

Le sezioni effettuate a più alta frequenza (500 MHz) hanno evidentemente risentito in modo significativo dell'elevato tenore in acqua (probabilmente prossimo alla saturazione) che si è infiltrata nell'interfaccia del cordolo superiore con il corpo principale della traversa.

La profondità di indagine effettivamente raggiunta risulta essere di circa due metri, evidentemente insufficiente a raggiungere il substrato roccioso.

Su di esse sono risultati, per contro, ben visibili le riflessioni date dai ferri di armatura trasversali presenti lungo tutta la briglia profondità comprese tra 0,2 e 0,5 metri.

Le sezioni effettuate a 250 MHz, dotate di minore risoluzione ma maggiore capacità di penetrazione grazie ad una minore sensibilità al tenore di umidità, hanno invece evidenziato la presenza di una superficie riflettente irregolare a profondità comprese tra 2,0 e 3,5 metri dal piano di calpestio.

Tra le sezioni effettuate a 250 MHz sono state riportate nella tavola in allegato IV le due più significative, la S_07 e la S_08, di cui sono state evidenziate posizione e verso di acquisizione:

- la S_07 permette di rilevare la superficie riflettente per la sua intera lunghezza, sebbene in alcuni tratti con qualche incertezza: in alcuni punti, infatti, la superficie risulta sdoppiata, probabilmente a causa di forti irregolarità e variazioni laterali nella geometria dell'ammasso roccioso.
- la sezione S_08 è stata acquisita sul settore laterale più elevato della traversa, accanto alla bocca di presa del canale. Nei primi due metri, la sezione mostra chiaramente la riflessione superficiale (- 40 cm circa) data dalla cavità del varco scaricatore, visibile nella fotografia sulla tavola in allegato, la cui presenza impedisce di determinare con certezza presenza e posizione della superficie riflettente sottostante. Questa torna ad essere rilevabile da metà sezione in poi, dove da circa tre metri di profondità risale a meno di due metri.

La superficie riflettente, evidenziata in giallo sulla sezione S_07 nella tavola in allegato, è imputabile al contatto tra il corpo in calcestruzzo della traversa ed il substrato roccioso o con grossi blocchi di roccia giustapposti alla base della struttura oggetto d'indagine in sponda destra.

La polarità della riflessione indica infatti il contatto con un materiale dalla costante dielettrica decisamente più elevata, quale appunto il basamento roccioso.

3.2.2 Indagine HVSR

La valutazione dell'altezza della quota di imposta dello sbarramento viene effettuata attraverso rilievi vibrometrici, operando registrazioni con terne geofoniche orientate e collocate in corrispondenza del coronamento dello stesso sbarramento.

La strumentazione utilizzata è rappresentata dal tromografo SR04 GEOBOX della Sara Electronic instrument Srl (allegato VII) ed i dati acquisiti con software seismowin 1.3.8 log-mt sono stati elaborati mediante i programmi "geoexplorer" e "survey".

Nella giornata del 12 maggio 2015 sono state eseguite acquisizioni in 6 punti caratteristici e nella giornata del 23 maggio 2015 sono state fatte ulteriori 2 indagini.

Le 8 registrazioni sono state effettuate orientando a N270° la strumentazione impiegata in modo da acquisire le vibrazioni indotte sulla struttura lungo le componenti normale e perpendicolare al coronamento stesso e lungo la verticale al camminamento.

Le misurazioni sono intese ad acquisire informazioni sull'altezza della struttura e, quindi, sulla soggiacenza del vincolo determinato dalla quota del substrato rispetto alla quota delle registrazioni.

Le vibrazioni oggetto di registrazione e di analisi, in assenza di specifiche sorgenti di eccitazione, sono rappresentate dal rumore ambientale.

L'analisi dei dati è stata condotta impiegando sia il software "Geoexplorer" al fine di individuare in termini qualitativi il contatto substrato roccioso-manufatto ed il software "survey" al fine di analizzare l'ampiezza spettrale nelle componenti specifiche di registrazione, raffrontando l'andamento dell'ampiezza della frequenza dei segnali nelle diverse componenti di registrazione e confrontando la risposta locale sulle diverse verticali di misurazione.

L'elaborazione dei dati è risultata complessa e condizionata da molteplici fattori legati alla natura ed alla geometria della struttura indagata.

In base a quanto sopra enunciato, si deve evidenziare che:

a) lo sbarramento presenta forma trapezoidale, vincolata alla base e sulle due spalle, dove il perimetro di fondazione risulta irregolare nella geometria e di caratteristiche elastiche incognite e la geometria concavo-convessa non permette marcate semplificazioni del generale comportamento elastico del sistema;

b) le registrazioni sono state condotte esclusivamente lungo il coronamento, non disponendo della possibilità di collocare gli apparati velocimetrici di acquisizione in differente posizione;

c) la struttura in esame risulta complicata da irregolarità e difformità del comportamento elastico in conseguenza di parti strutturali non omologhe: si rileva la presenza in sinistra della torretta predisposta per la regolazione della condotta di scarico e, in posizione mediana, la traccia dell'originario sfioratore di superficie, con sezioni differenti rispetto al maggiore sviluppo dello sbarramento;

d) la presenza di acqua e di un riempimento dovuto ad accumulo di sedimenti fluviali a tergo dell'opera di sbarramento non permette una completa modellazione del sistema vibrazionale in esame.

Dopo aver focalizzato le problematiche rilevate e messo in chiaro i punti di limitazione intrinseca dell'analisi, l'esame dei dati è stato sviluppato impiegando un confronto degli spettri in ampiezza in funzione della frequenza delle componenti vibrazionali del moto di registrazione, individuando le frequenze caratteristiche in corrispondenza di valori di picco delle curve di ampiezza spettrale, e la validazione di relazioni sperimentali tra frequenza rilevata ed altezza della struttura.

L'analisi delle componenti vibrazionali lungo le direzioni di registrazione sulle diverse postazioni di misura, evidenziano quanto segue:

- come visibile in allegato V, il picco dell'ampiezza spettrale registrata in corrispondenza di 6.5 Hz, sulle componenti orizzontali del moto, in rapporto all'assenza di variazioni comportamentali sulla componente verticale, identifica la frequenza propria del sito in fondazione, trasmessa attraverso la struttura alle postazioni di misura;
- i picchi di ampiezza spettrale, come illustrato in allegato VI che si relazionano alla struttura di studio ricorrono intorno alla frequenza principale di 12.0 Hz ed un ulteriore picco, rilevato comunque solo su alcune postazioni, si registra intorno a 28 Hz;
- la dispersione dei valori di picco in ampiezza degli spettri relativi alle registrazioni sulle componenti orizzontali, con maggiore evidenza sulla componente perpendicolare al coronamento dello sbarramento, è il risultato della presenza dei vincoli citati.

Le ulteriori frequenze in corrispondenza dei picchi in ampiezza delle componenti vibrazionali vengono relazionate all'altezza locale dello sbarramento nelle diverse postazioni di registrazione: la difficoltà principale nel risolvere un valore di adeguata precisione della soggiacenza locale del vincolo di fondazione riguarda la circostanza che tale vincolo non presenta una regolarità geometrica e risulta differente sul parametro di valle rispetto a quello di monte.

Preso atto di tali osservazioni, in riferimento al terzo modo di vibrazione (modo torsionale) che presenta la maggiore ampiezza, persistenza sulle diverse componenti di registrazione e maggiore evidenza, si sviluppa la relazione estrapolata dal DM 16.01.1996 recante "norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" relativa all'analisi statica rispetto ad azioni orizzontali di costruzioni irregolari (C.6.1.1) e dalla relazione per edifici in cemento armato di Castellani e Faccioli (2009) ed in particolare:

$$T_0 = \alpha\, H/\sqrt{B} \text{ ovvero } H = (\sqrt{B}\, T_0)/\alpha$$

dove:

$\alpha = 0{,}1$

H = Altezza struttura indagata;

B = Larghezza struttura indagata;

T_0 = periodo caratteristico principale.

Si possono così considerare 2 blocchi distinti rappresentati dallo scaricatore e dal corpo principale della traversa aventi lunghezza rispettivamente di 8 metri e 25 metri che, secondo la relazione sopraesposta permette di ottenere i seguenti risultati:

Scaricatore: $H = (\sqrt{8} \times 0.09)/0.1 = 2.54$ metri;

corpo principale traversa $H = (\sqrt{25} \times 0.08)/0.1 = 4.0$ metri.

Le indagini HVSR hanno permesso di definire il seguente profilo strutturale:
- corpo scaricatore: ad una profondità media di 2,5 metri rispetto al piano di calpestio si evidenzia la presenza di una superfice riflettente irregolare attribuibile al contatto tra il basamento del corpo in calcestruzzo ed il substrato roccioso;
- corpo principale traversa: ad una profondità media di 4 metri rispetto al piano di calpestio si evidenzia la presenza di una superfice riflettente irregolare attribuibile al contatto tra il basamento del corpo in calcestruzzo del manufatto ed il substrato roccioso.

4. Ricostruzione del profilo originario del substrato roccioso al di sotto della traversa

La traduzione strutturale delle risposte dell'insieme manufatto-substrato alle indagini tromografiche, ai rilievi georadar ed i rilievi geologici eseguiti in situ oltre alle informazioni ottenute inerenti la storia dei luoghi, hanno permesso di operare la seguente ricostruzione locale:
- il luogo prescelto per l'ubicazione della traversa è rappresentato da un'emergenza del substrato roccioso che di fatto rappresentava un importante dislivello morfologico nell'ambito del corso d'acqua del torrente Stura;
- al fine di ricostruire il profilo originario del substrato roccioso al di sotto del piano calpestabile della traversa sono state eseguite indagini di tipo non invasivo mediante tecnica georadar ed indagine HVSR i cui risultati hanno permesso, rispettivamente, di definire il seguente profilo strutturale:

corpo scaricatore:

§ ad una profondità compresa tra 2,0 e 3,0 metri rispetto al piano di calpestio si evidenzia la presenza di una superfice riflettente irregolare attribuibile al contatto tra il basamento del corpo in calcestruzzo ed il substrato roccioso;

corpo principale traversa:

§ ad una profondità comprese tra 3,0 e 4,0 metri rispetto al piano di calpestio si evidenzia la presenza di una superfice riflettente irregolare attribuibile al contatto tra il basamento del corpo in calcestruzzo ed il substrato roccioso.

5. Conclusioni

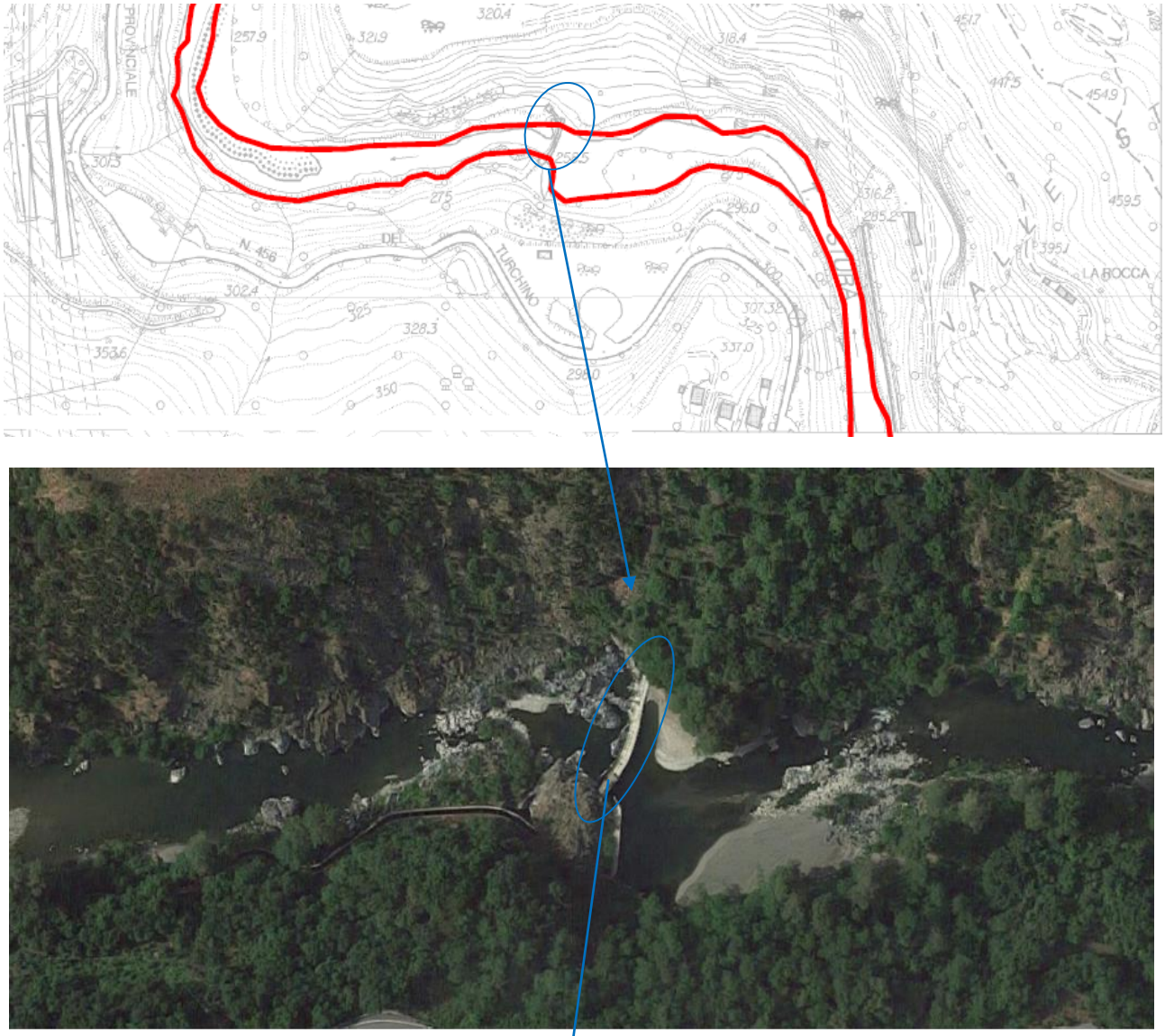
In base alle risultanze dei rilievi di campagna e delle indagini effettuate, si è potuto mettere in evidenza quanto segue:

- la traversa ubicata nell'alveo del torrente Stura risulta inserita nell'ambito di un emergenza del substrato roccioso rappresentate dalla formazione delle serpentinoscisti antigoritici del "Bric del dente";
- il contatto tra il substrato roccioso ed il corpo principale della traversa risulta ad una profondità compresa tra 3 e 4 metri, mentre in corrispondenza dello scaricatore il contatto risulta ad una profondità compresa tra 2 e 3 metri rispetto al piano calpestabile dell'opera presa in esame;
- in altri termini, il profilo originario del substrato roccioso, rispetto al pelo libero dell'acqua morta nelle condizioni attuali si trova ad un'altezza minima di 4,0 metri nella zona centrale del corpo principale della traversa per poi risalire in corrispondenza delle spalle della traversa.

Un sintesi si può affermare che "il manufatto preso in esame risulta impostata su un'emergenza morfo-strutturale del substrato roccioso nell'ambito del quale chi ha operato in origine non ha fatto altro che riprendere il profilo originario dei luoghi ove era presente un dislivello nell'alveo del torrente Stura avente un'altezza media di 4,5 metri ed innalzarlo nelle condizioni attuali, come illustrato in allegato IX, ad una quota di circa 8 metri rispetto al pelo libero dell'acqua morta a valle della traversa".

****

Allegato I

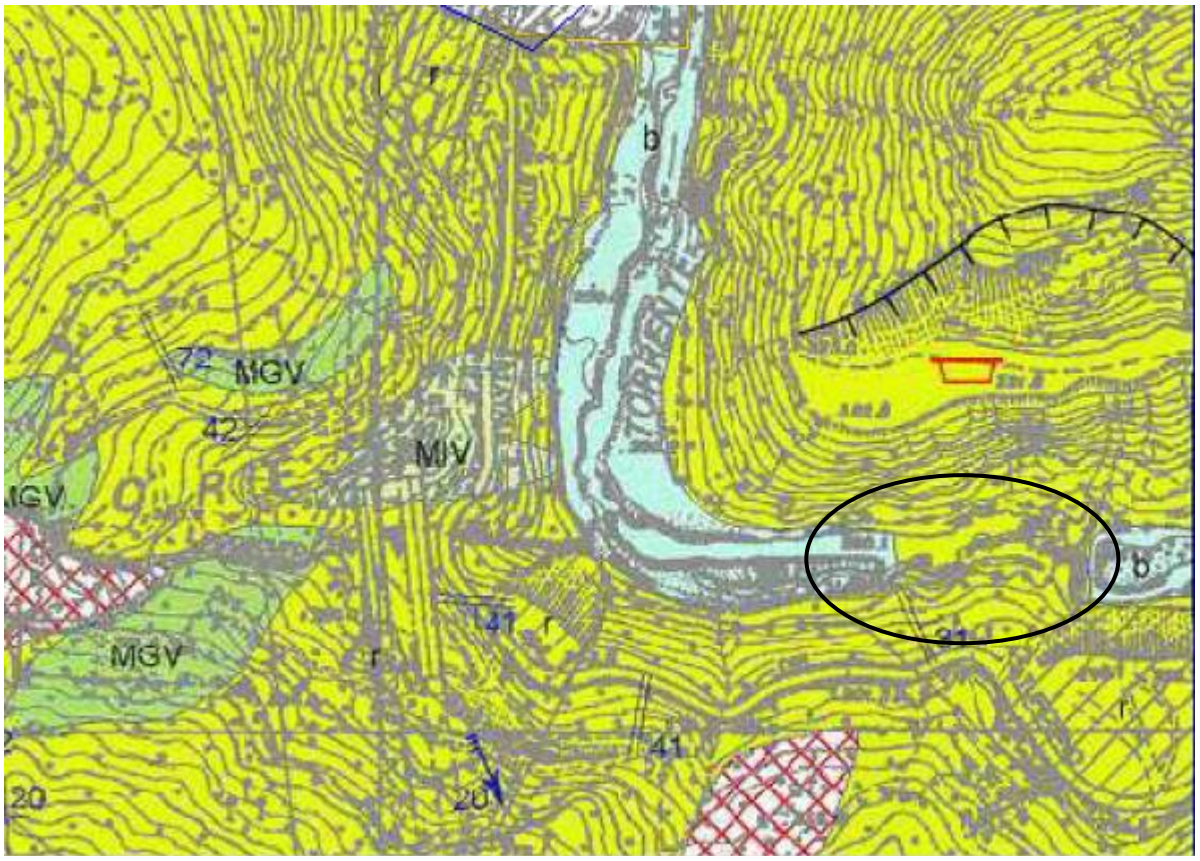


Localizzazione del sito estratto da rilievo satellitare



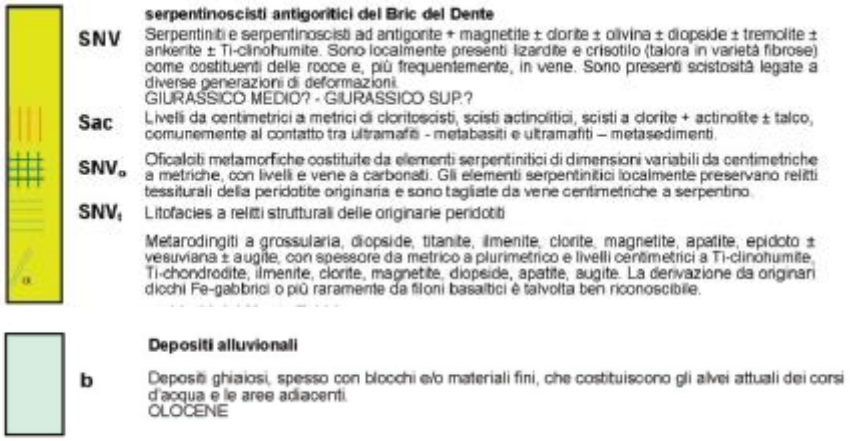
Panoramica del sito oggetto d'indagine.

Allegato II



Localizzazione del sito estratto da
Carta Geologica Regionale (CGR) sc. 1:10000 riferita al Foglio 212 Spigno Monferrato –

LEGENDA:



ALLEGATO III-I



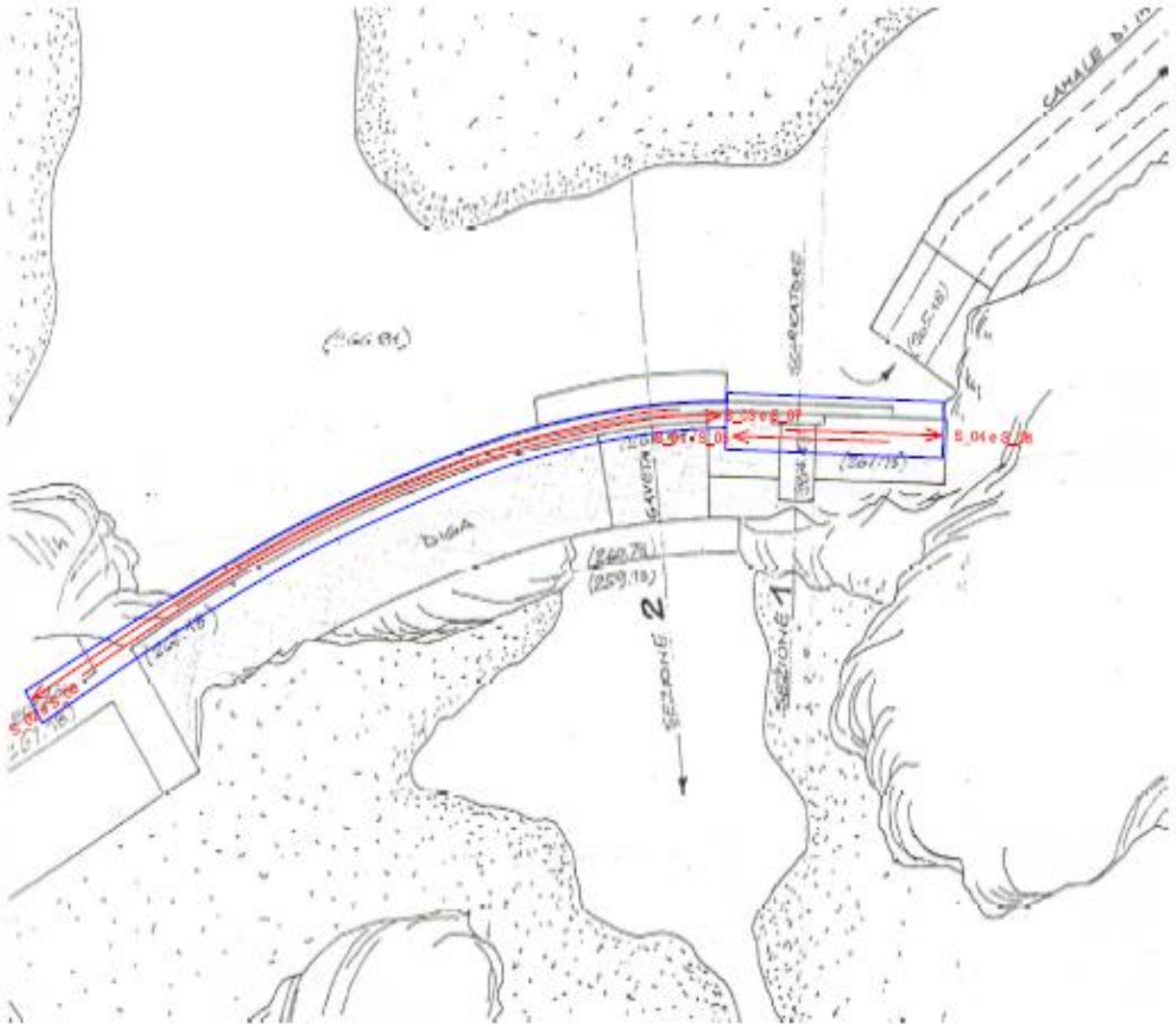
Legenda:

affioramenti della testa del substrato roccioso:

ALLEGATO IV-I

Comune Di Rossiglione (GE) - Manifattura Del Turchino Spa
Traversa sul torrente Stura - Rilievi G.P.R.

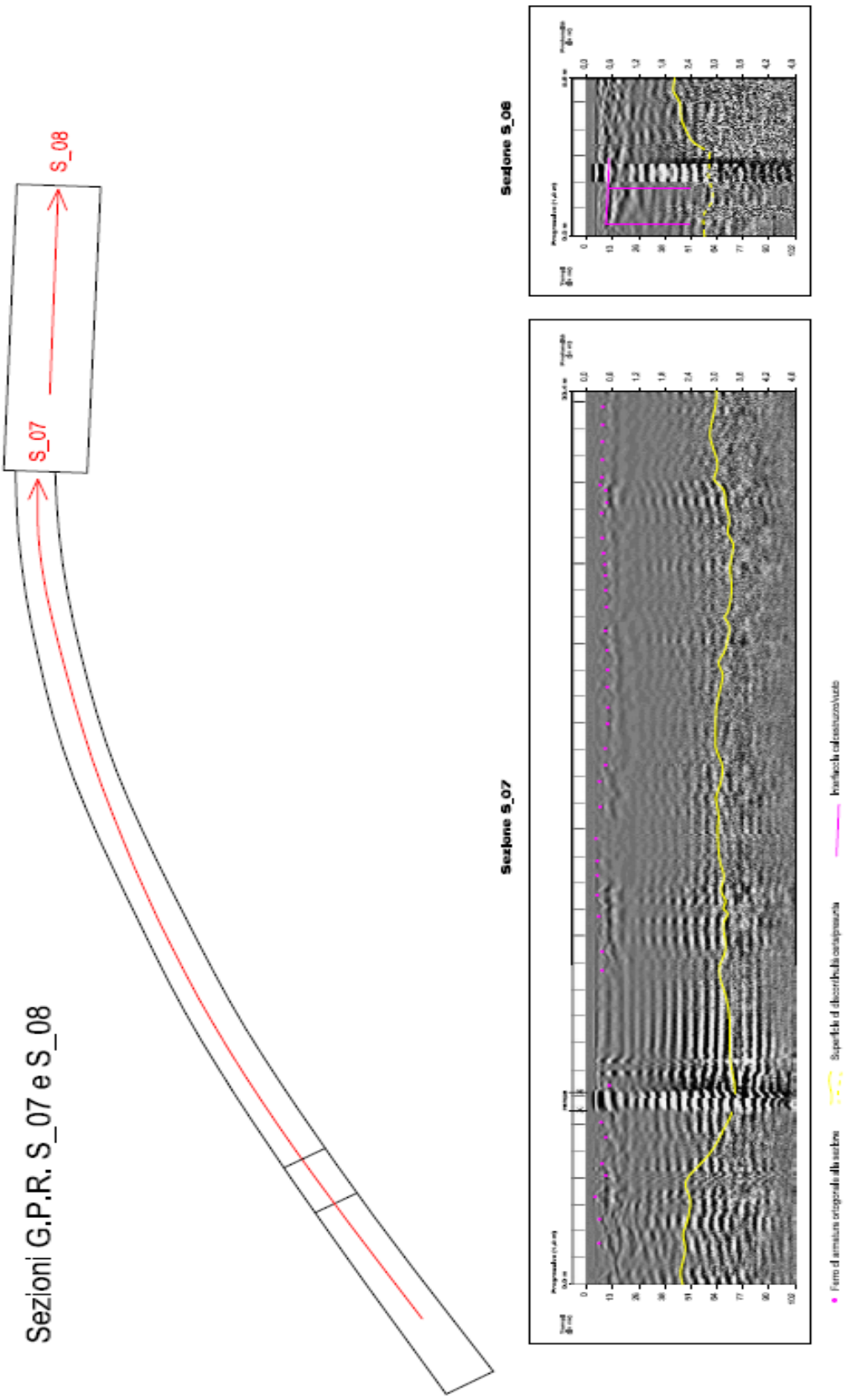
Sezioni G.P.R.: schema di acquisizione



Sezioni G.P.R.:
S_01 e S_02 : Sezione a 500 MHz, 102 ns, 2,5 cm/scan
S_03 e S_04 : Sezione a 500 MHz, 51 ns, 1,0 cm/scan
S_05 + S_08 : Sezione a 250 MHz, 102 ns, 2,5 cm/scan

Tavola 1

ALLEGATO. IV-II
Sezione georadar significative

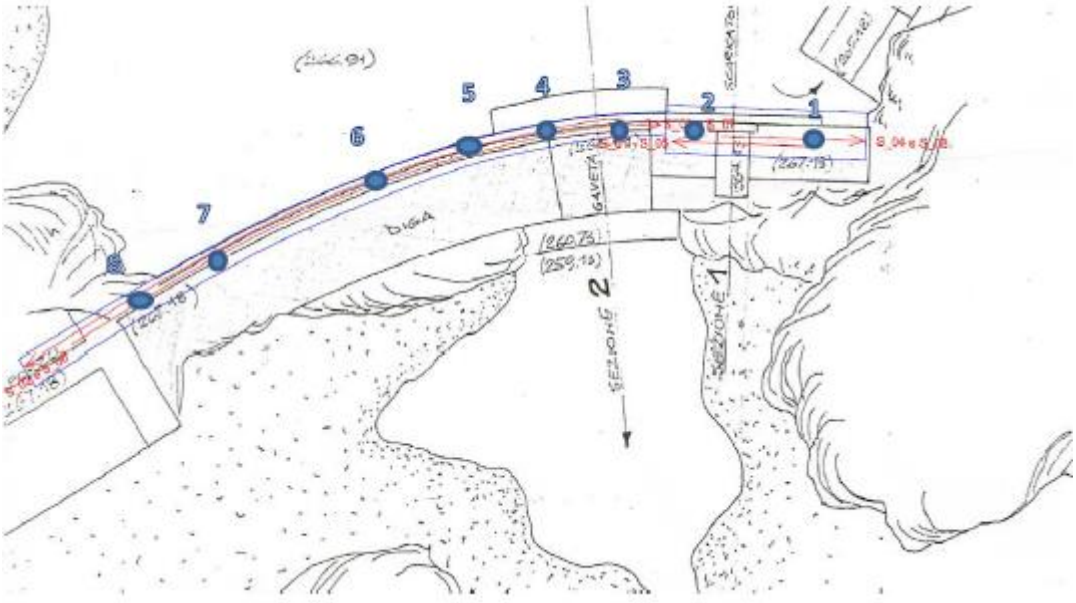


ALLEGATO V

Rilievo rumore ambientale – Analisi HVSR

1. Premessa

Quanto esposto nell'ambito del presente allegato illustra i risultati dell'indagine geofisica condotta attraverso il rilevamento dei microtremori sismici su stazione singola per analisi spettrale delle componenti orizzontali e verticale del moto su n. 8 postazioni opportunamente individuata nell'area d'intervento, come da figura illustrata qui sotto.



Ubicazione stazioni tromografiche

2. Indagini eseguite

Il rilievo dei microtremori è stato condotto impiegando apparato velocimetrico dotato di n. 03 sensori orientati con frequenza di 4.5 Hz, corredati di certificato di risposta e funzioni di equalizzazione del dato, apparato SR040 della SARA Srl di Perugia.

Il rilievo dei microtremori è stato elaborato attraverso le tecnica HVSR o di Nakamura e consente di determinare la frequenza propria di un uno strato caratteristico del sito, per il quale assume valore massimo il rapporto RHV = HS/VS (Horizontal to Vertical ratio) tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo, assumendo che la componente verticale (V) del noise, nel passare dal substrato roccioso alla superficie, non subisce amplificazione.

Mediante l'ausilio di software dedicato (GEOEXPLORER – SARA) si è ricercato il valore di picco relativo del rapporto delle componenti spettrali vibrazionali orizzontali e verticali del rumore ambientale H/V sulla postazione del rilievo, accertando la presenza nel sottosuolo di particolari o singolari gradienti di rigidità.

3. Procedura di acquisizione

Al fine di ottenere un dato affidabile e scevro di problematiche date da disturbi locali si è operato con le seguenti modalità:

- i rilievi sono stati eseguiti in un ambito temporale ritenuto più idoneo per l'assenza di transito di mezzi leggeri e pesanti, oltre che personale nelle aree di rilevamento;
- l'apparato di misura risulta composto da velocimetri orientati sulle 3 componenti delle spazio e di frequenza idonea alle finalità delle indagine, opportunamente reso solidale al suolo nella postazione di misura e livellato rispetto agli apparati di misurazione;
- si è operato in condizioni meteorologiche ideali, in assenza di vento o aspetti esterni che potessero generare dei transienti di particolare intensità;
- la registrazione si è protratta per 20 minuti per ciascun punto d'indagine con frequenza di campionamento di 400 Hz sui 3 canali di registrazione.

4. Interpretazione dati

L'interpretazione preliminare dei dati acquisti nel corso delle indagini eseguite è stata fatta sulla base dei seguenti criteri guida:

- verificando la persistenza temporale ed angolare del rapporto delle componenti vibrazionali orizzontale e verticale del moto, escludendo quindi i valori di picco del rapporto H/V determinati da transienti o sorgenti monotone arealmente localizzate;
- l'affidabilità della curva del rapporto delle componenti H/V e la chiarezza del valore di picco del rapporto medesimo sono verificate attraverso l'analisi dei criteri sesame.

5. Elaborazione dati

I dati di prima restituzione sono rappresentati dei valori di frequenza caratteristica del sito di rilevnamento, che costituisce la frequenza di risonanza del substrato roccioso, per il quale assume valore massimo il rapporto tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo (H/V – Horizontal to Vertical ratio).

ALLEGATO V - 1

Stazione tromografica 1

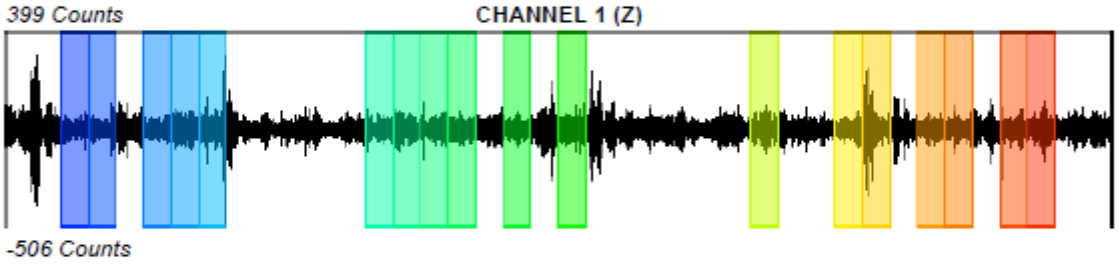


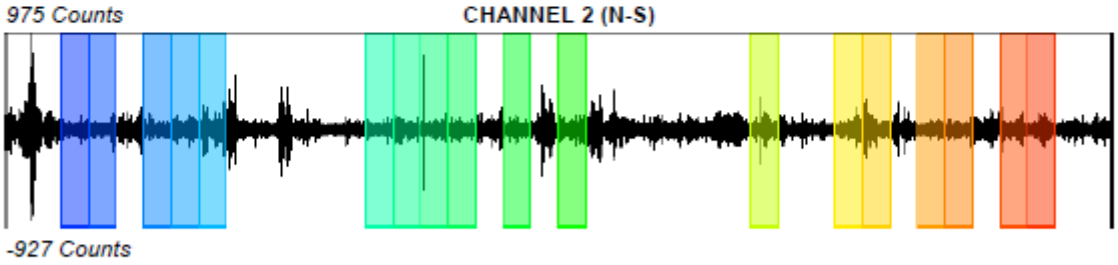
Punto rilievo strumentale in situ

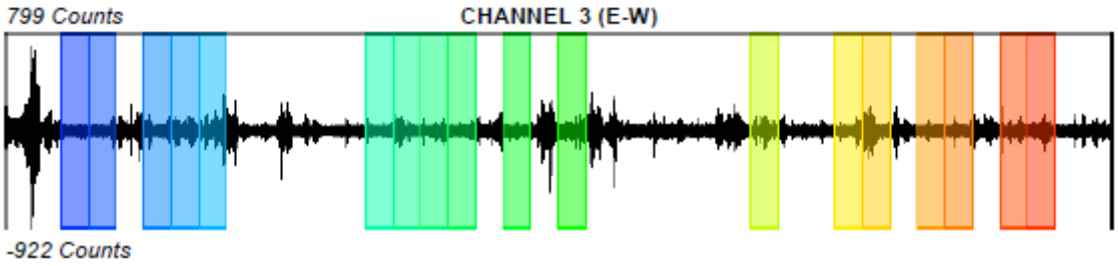
Strumento:	SARA GEOBOX SR04 4.5 Hz, no GPS – n. 0161;
Certificazioni:	vedi allegato IV;
Software:	SEISMOWIN 1.3.7 – GEOEXPLORER HVSR 2.0.1;
Operatore acquisizione dati:	Alessandro GENNAI;
Elaborazione dati:	Alessandro GENNAI;
Localizzazione:	sommità scaricatore – 1,5 metri da sponda sinistra;
Orientazione:	Y-N270°;
Tempo atmosferico:	soleggiato, T = 25°C - Vento: assente – Pioggia: assente;
Contatto punte:	corte – su struttura in cls;
vicino a:	acque ruscellanti;
Transienti:	vibrazioni traffico autostradale - vento.

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	400 Hz
Recording start time:	2015/05/12 13:51:55
Recording length:	20 min
Windows count:	18
Average windows length:	30
Signal coverage:	45 %



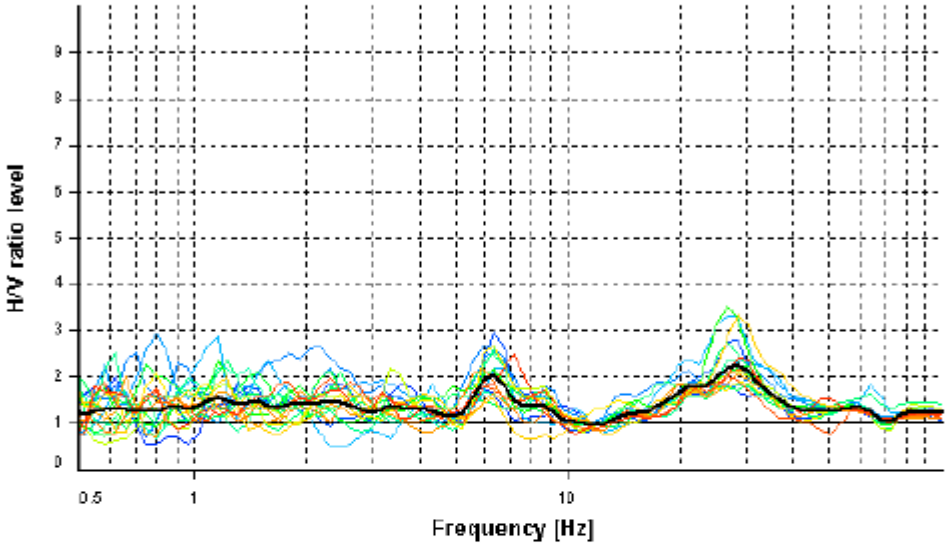




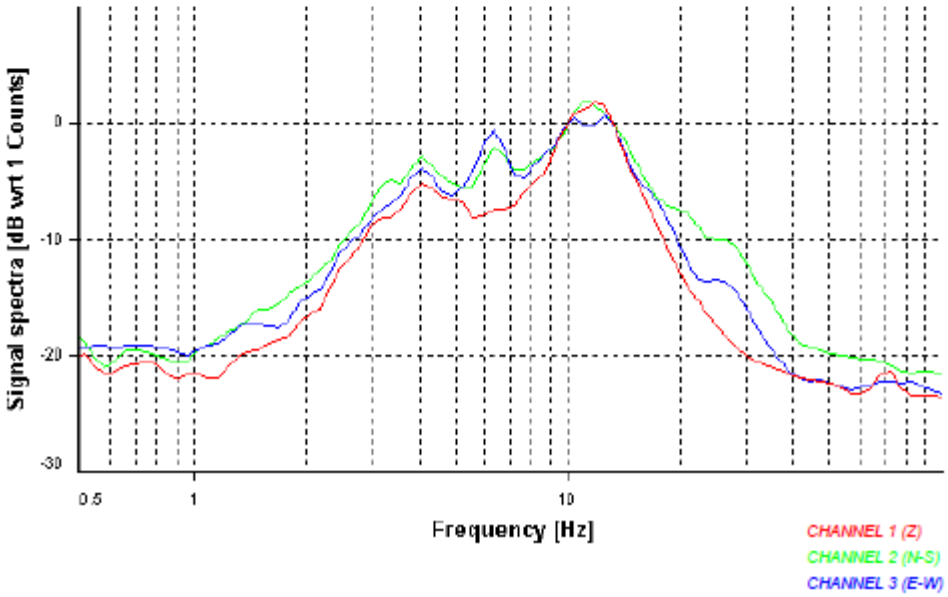
HVSR ANALYSIS

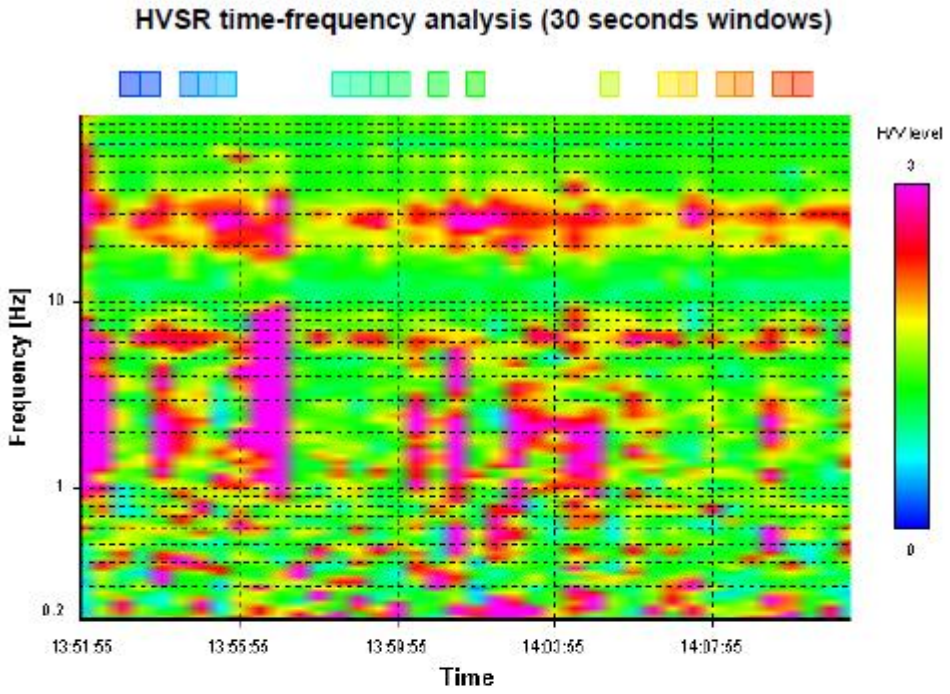
Tapering: Enabled (Bandwith = 5%)
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)
Instrumental correction: Disabled

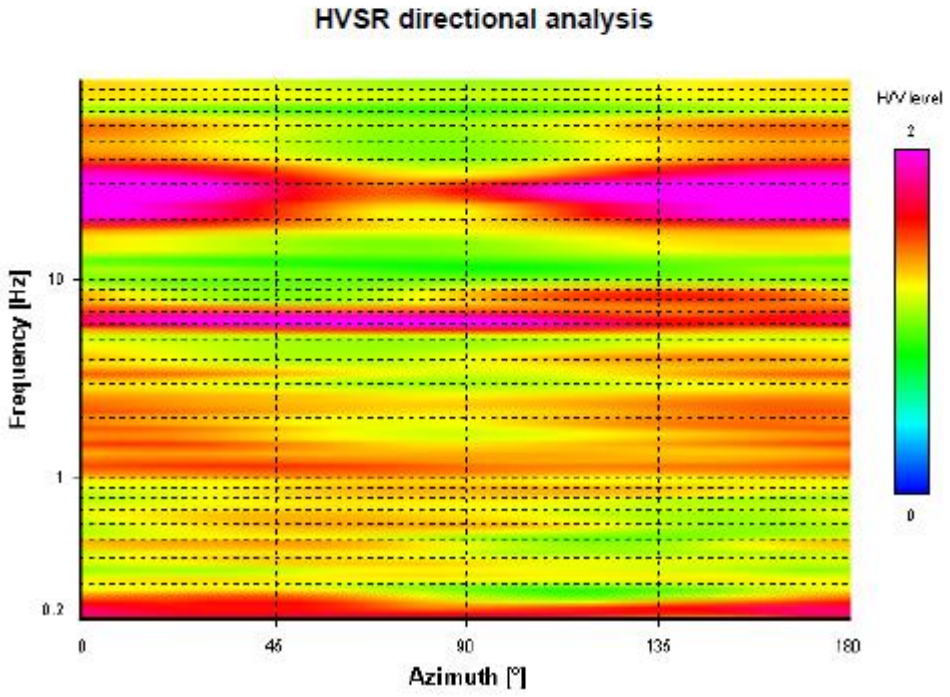
HVSR average



Signal spectra average




HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)
H/V level
3
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
13:51:55
13:55:55
13:59:55
14:03:55
14:07:55
Time


HVSR directional analysis
H/V level
2
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
0
45
90
135
180
Azimuth [°]

ALLEGATO V - 2

Stazione tromografica 2

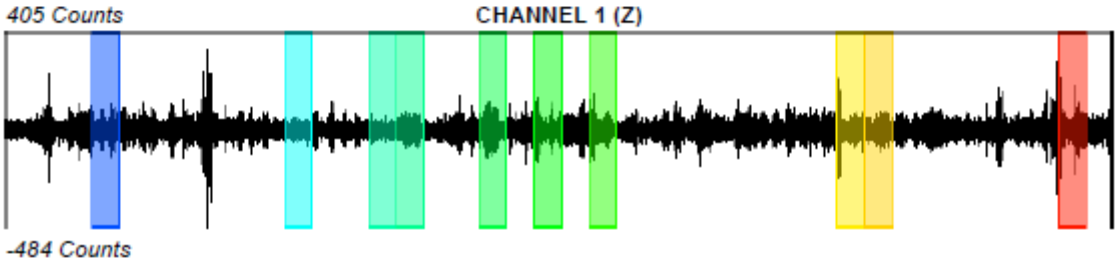


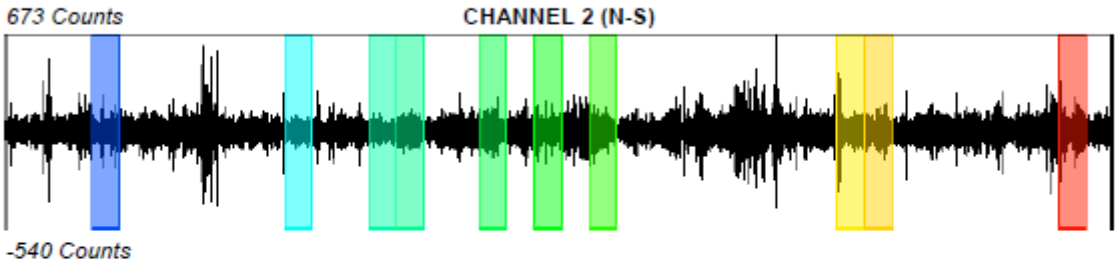
Punto rilievo strumentale in situ

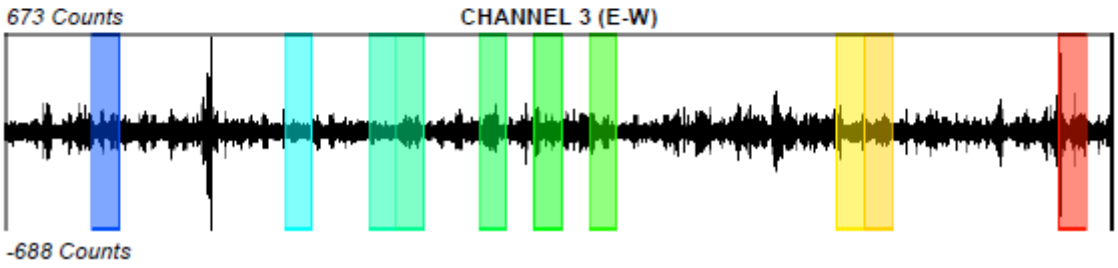
Strumento:	SARA GEOBOX SR04 4.5 Hz, no GPS – n. 0161;
Certificazioni:	vedi allegato IV;
Software:	SEISMOWIN 1.3.7 – GEOEXPLORER HVSR 2.0.1;
Operatore acquisizione dati:	Alessandro GENNAI;
Elaborazione dati:	Alessandro GENNAI;
Localizzazione:	sommità scaricatore – 7,0 metri da sponda sinistra;
Orientazione:	Y-N270°;
Tempo atmosferico:	soleggiato, T = 25°C - Vento: assente – Pioggia: assente;
Contatto punte:	corte – su struttura in cls;
vicino a:	acque ruscellanti;
Transienti:	vibrazioni traffico autostradale - vento.

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	400 Hz
Recording start time:	2015/05/12 14:17:23
Recording length:	20 min
Windows count:	10
Average windows length:	30
Signal coverage:	25 %



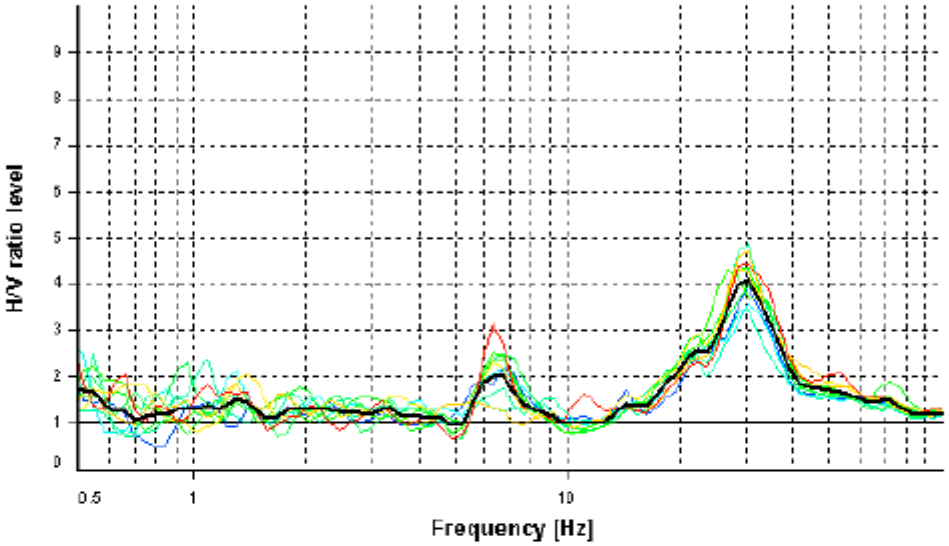




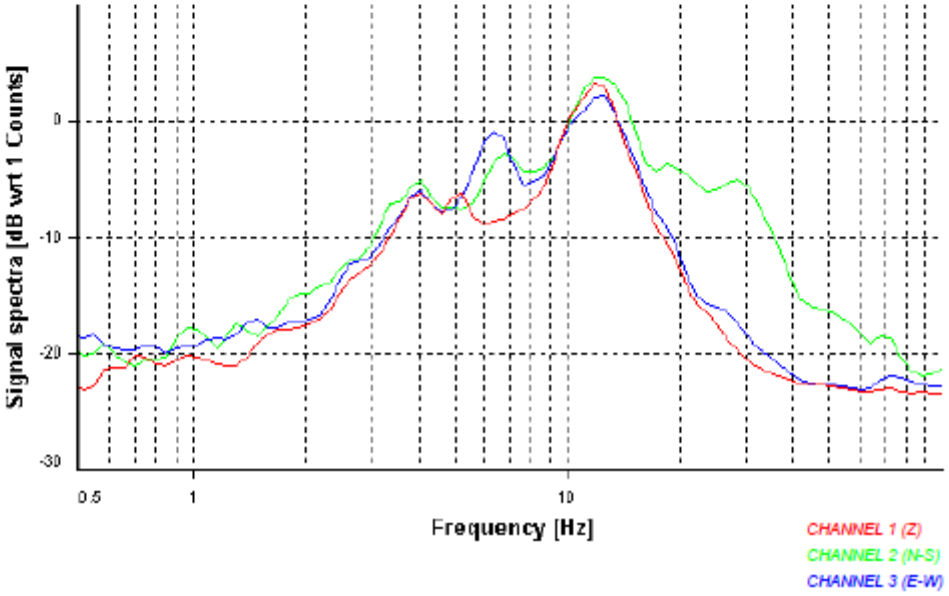
HVSR ANALYSIS

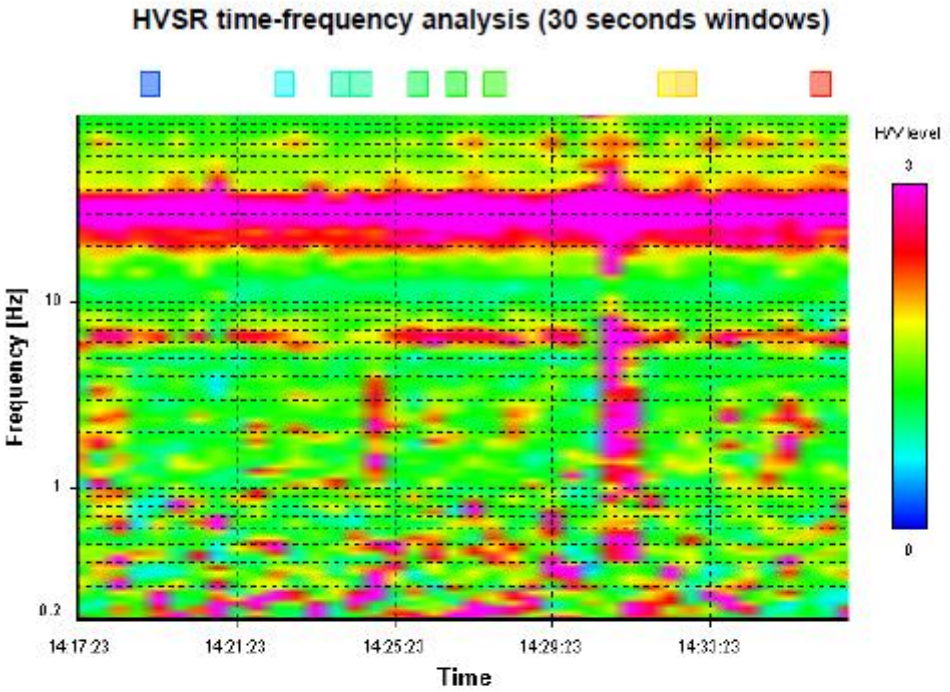
Tapering: Enabled (Bandwith = 5%)
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)
Instrumental correction: Disabled

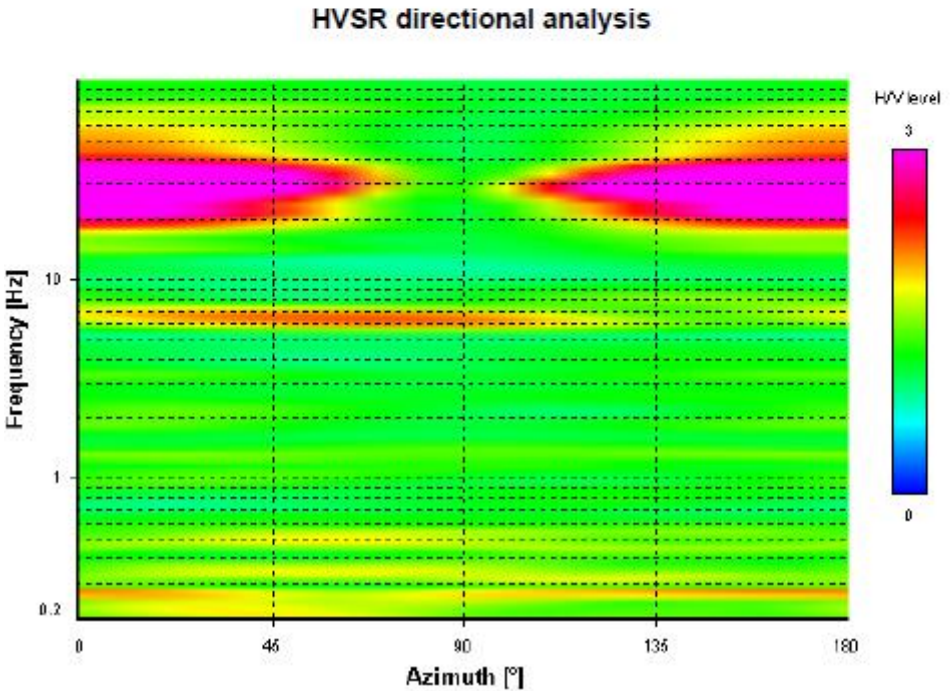
HVSR average



Signal spectra average




HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)
H/V level
3
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
14:17:23
14:21:23
14:25:23
14:29:23
14:33:23
Time


HVSR directional analysis
H/V level
3
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
0
45
90
135
180
Azimuth [°]

ALLEGATO V - 3

Stazione tromografica 3

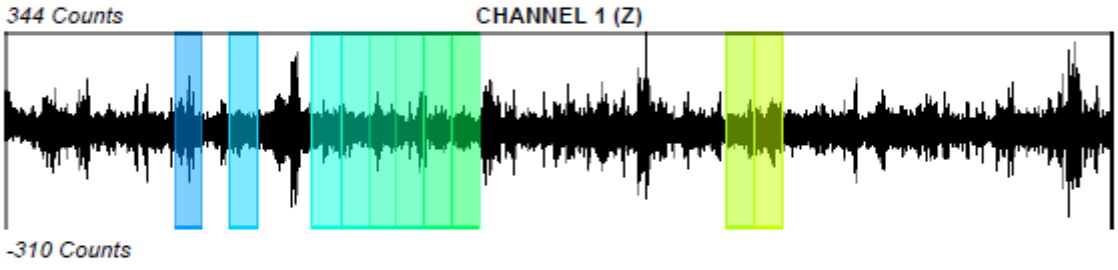


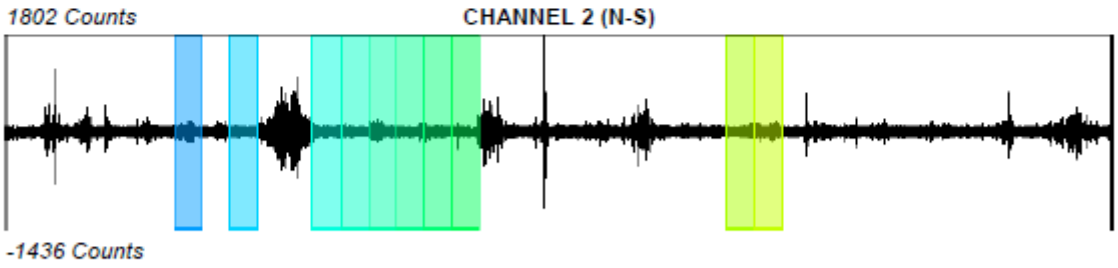
Punto rilievo strumentale in situ

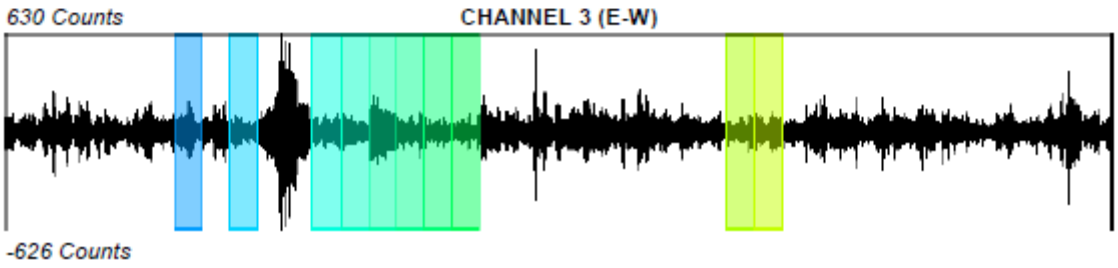
Strumento:	SARA GEOBOX SR04 4.5 Hz, no GPS – n. 0161;
Certificazioni:	vedi allegato IV;
Software:	SEISMOWIN 1.3.7 – GEOEXPLORER HVSR 2.0.1;
Operatore acquisizione dati:	Alessandro GENNAI;
Elaborazione dati:	Alessandro GENNAI;
Localizzazione:	sommità traversa – 2° corpo – 1,5 metri da scaricatore;
Orientazione:	Y-N270°;
Tempo atmosferico:	soleggiato, T = 25°C - Vento: assente – Pioggia: assente;
Contatto punte:	corte – su struttura in cls;
vicino a:	acque ruscellanti;
Transienti:	vibrazioni traffico autostradale - vento.

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	400 Hz
Recording start time:	2015/05/12 14:45:52
Recording length:	20 min
Windows count:	10
Average windows length:	30
Signal coverage:	25 %



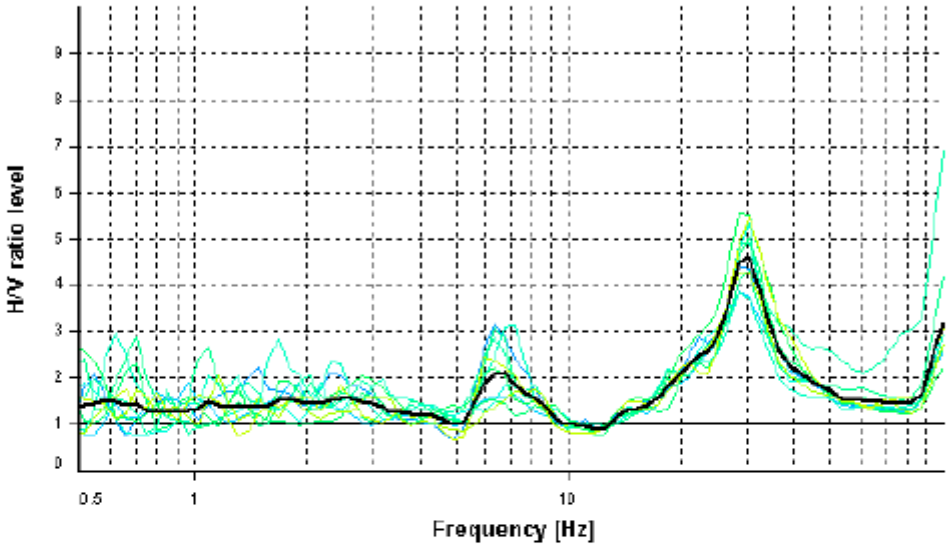




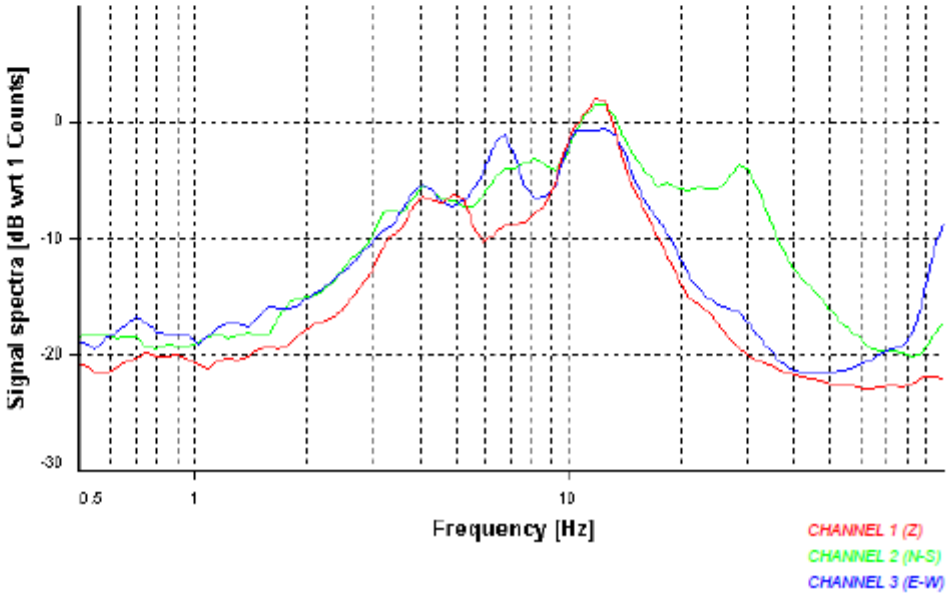
HVSR ANALYSIS

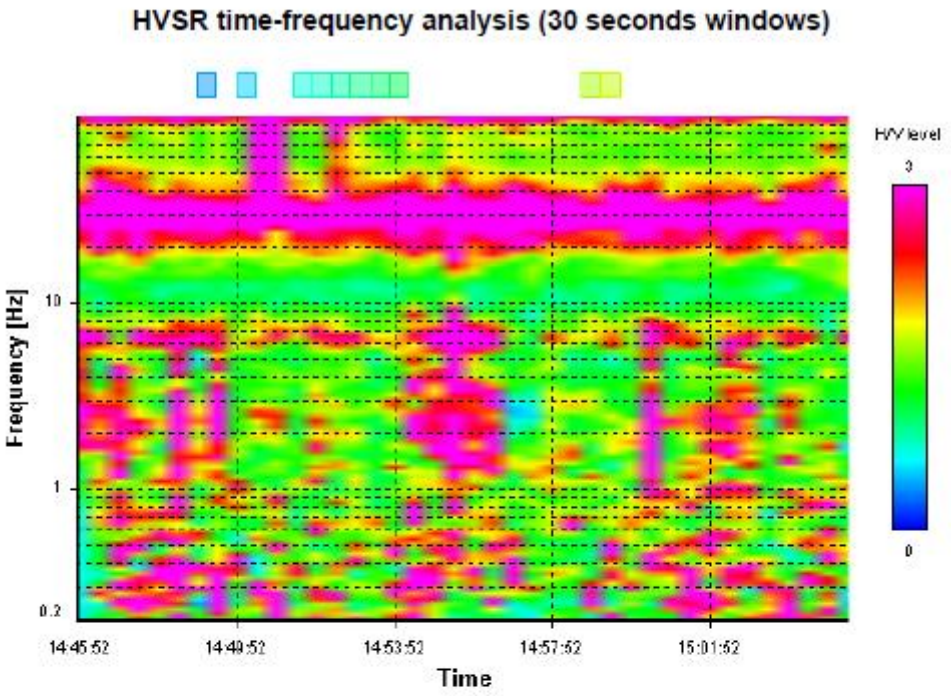
Tapering: Enabled (Bandwith = 5%)
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)
Instrumental correction: Disabled

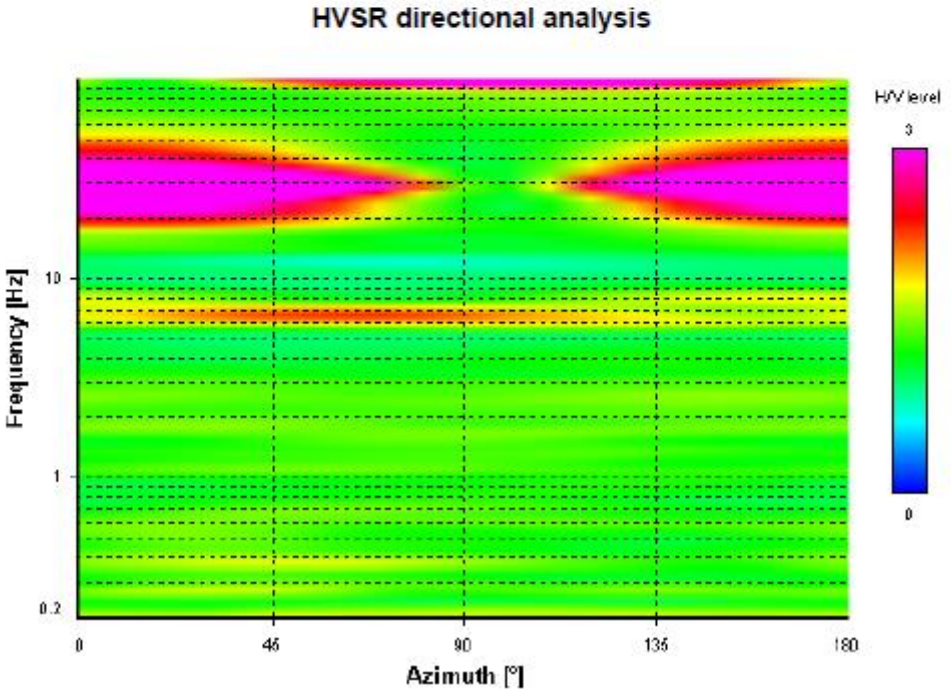
HVSR average



Signal spectra average




HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)
H/V level
3
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
14:45:52
14:49:52
14:53:52
14:57:52
15:01:52
Time


HVSR directional analysis
H/V level
3
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
0
45
90
135
180
Azimuth [°]

ALLEGATO V - 4

Stazione tromografica 4



Punto rilievo strumentale in situ

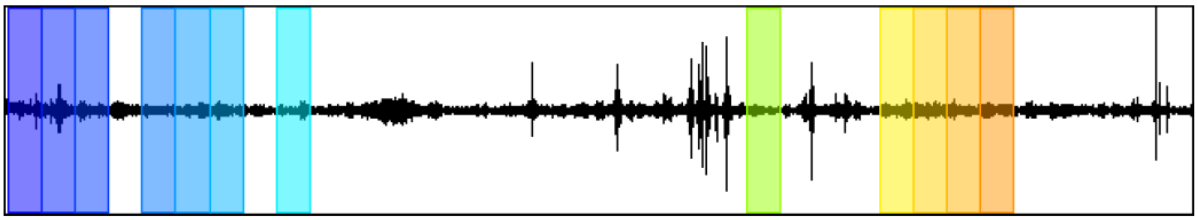
Strumento:	SARA GEOBOX SR04 4.5 Hz, no GPS – n. 0161;
Certificazioni:	vedi allegato IV;
Software:	SEISMOWIN 1.3.7 – GEOEXPLORER HVSR 2.0.1;
Operatore acquisizione dati:	Alessandro GENNAI;
Elaborazione dati:	Alessandro GENNAI;
Localizzazione:	sommità traversa – 2° corpo – 6 metri da scaricatore;
Orientazione:	Y-N270°;
Tempo atmosferico:	soleggiato, T = 25°C - Vento: assente – Pioggia: assente;
Contatto punte:	corte – su struttura in cls;
vicino a:	acque ruscellanti;
Transienti:	vibrazioni traffico autostradale - vento.

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	400 Hz
Recording start time:	2015/05/12 15:16:59
Recording length:	17.72 min
Windows count:	12
Average windows length:	30
Signal coverage:	33.87 %

1468 Counts

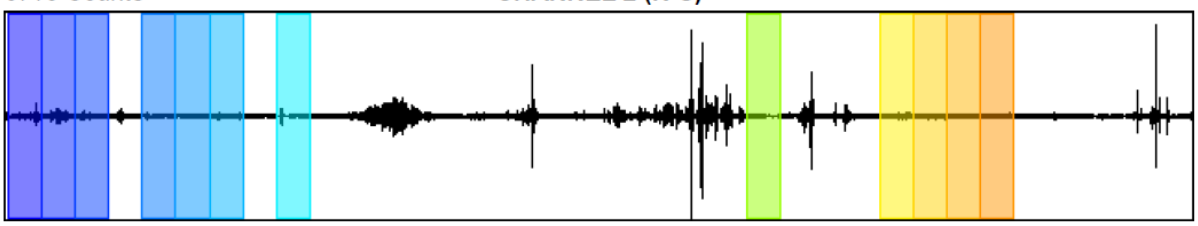
CHANNEL 1 (Z)



-1148 Counts

6715 Counts

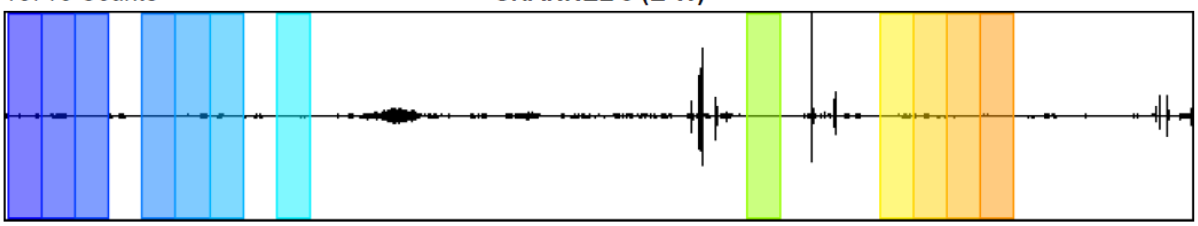
CHANNEL 2 (N-S)



-7458 Counts

13718 Counts

CHANNEL 3 (E-W)

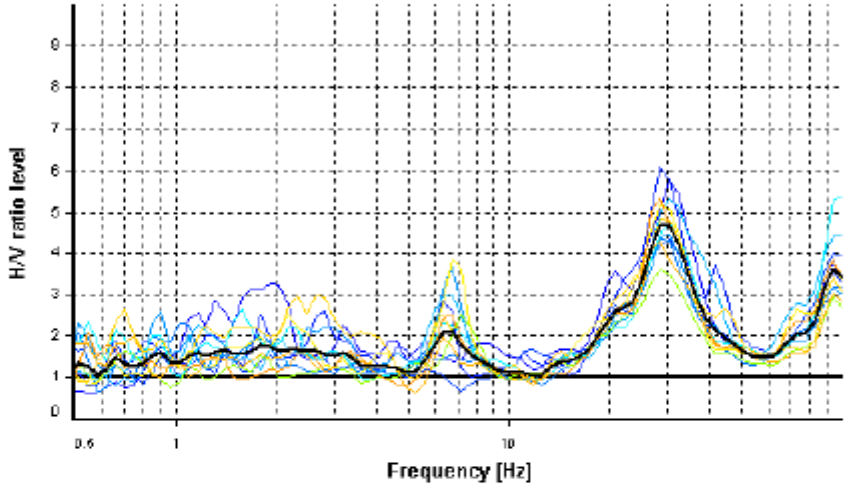


-6705 Counts

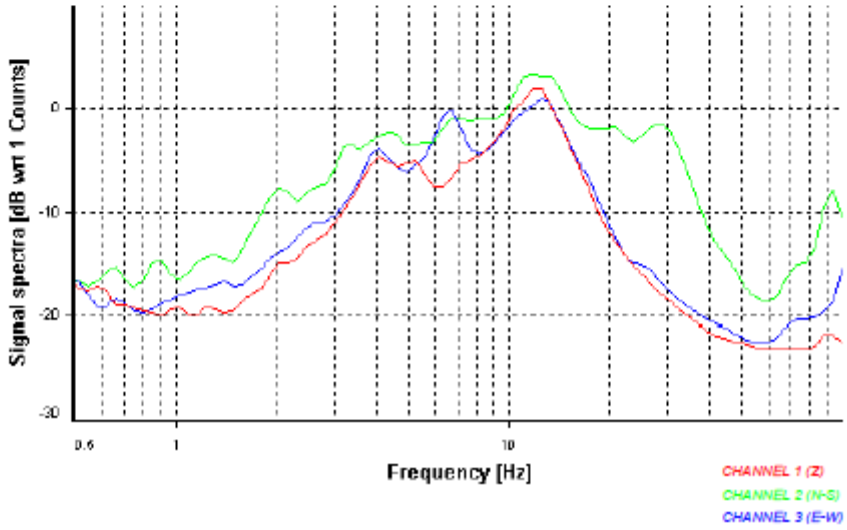
HVSR ANALYSIS

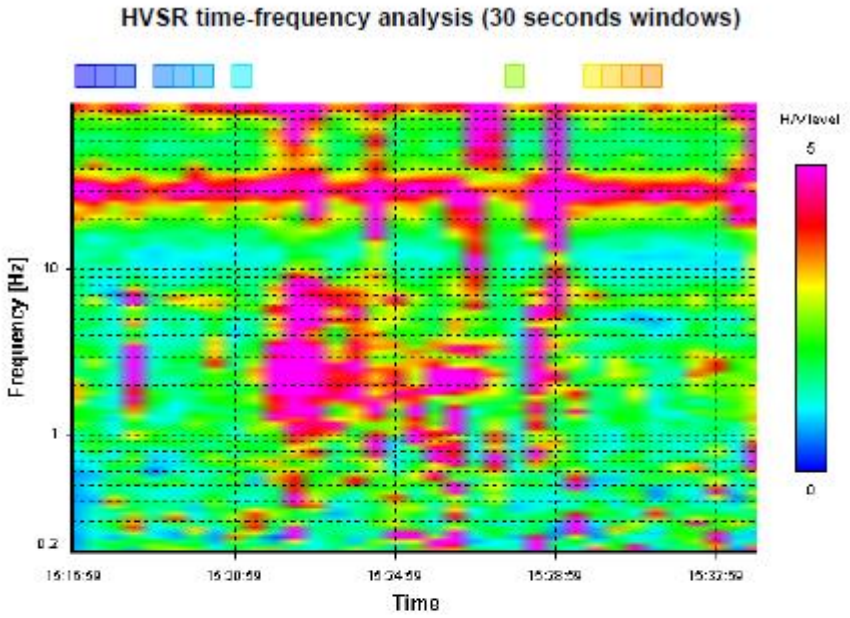
Tapering: Enabled (Bandwith = 5%)
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)
Instrumental correction: Disabled

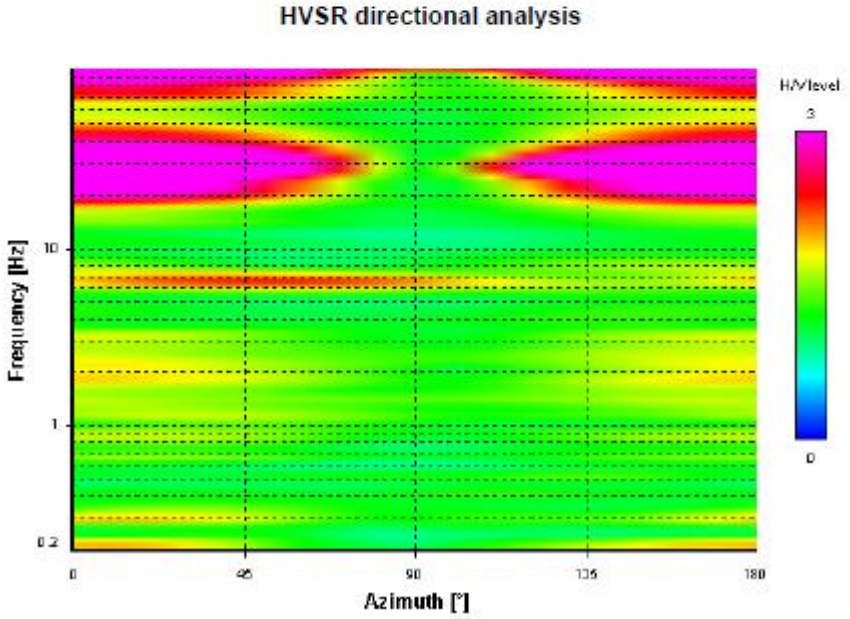
HVSR average



Signal spectra average




HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)
H/V level
5
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
15:15:59
15:20:59
15:24:59
15:28:59
15:32:59
Time


HVSR directional analysis
H/V level
3
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
0
45
90
135
180
Azimuth [°]

ALLEGATO V - 5

Stazione tromografica 5

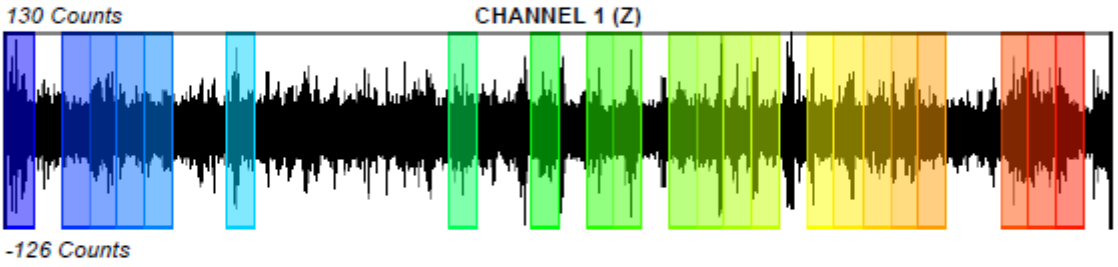


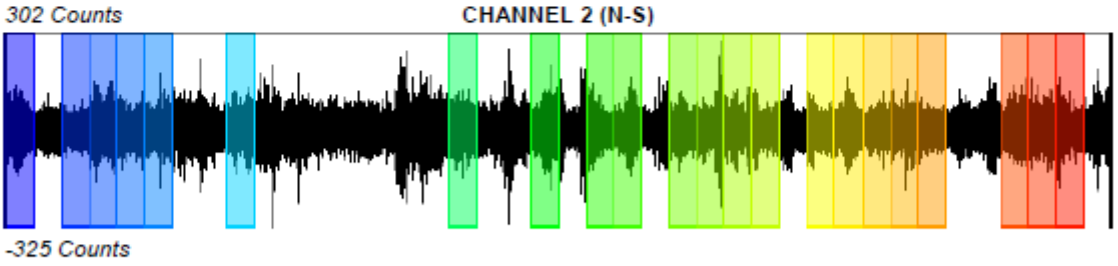
Punto rilievo strumentale in situ

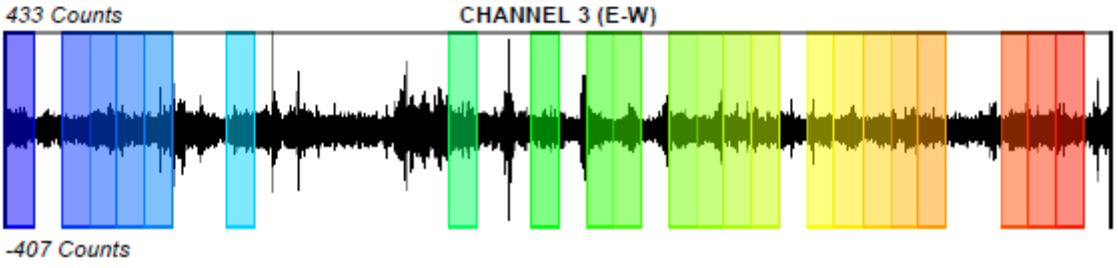
Strumento:	SARA GEOBOX SR04 4.5 Hz, no GPS – n. 0161;
Certificazioni:	vedi allegato IV;
Software:	SEISMOWIN 1.3.7 – GEOEXPLORER HVSR 2.0.1;
Operatore acquisizione dati:	Alessandro GENNAI;
Elaborazione dati:	Alessandro GENNAI;
Localizzazione:	sommità traversa – 2° corpo – 8 metri da scaricatore;
Orientazione:	Y-N270°;
Tempo atmosferico:	soleggiato, T = 25°C - Vento: assente – Pioggia: assente;
Contatto punte:	corte – su struttura in cls;
vicino a:	acque ruscellanti;
Transienti:	vibrazioni traffico autostradale - vento.

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	400 Hz
Recording start time:	2015/05/23 11:18:37
Recording length:	20 min
Windows count:	22
Average windows length:	30
Signal coverage:	55 %



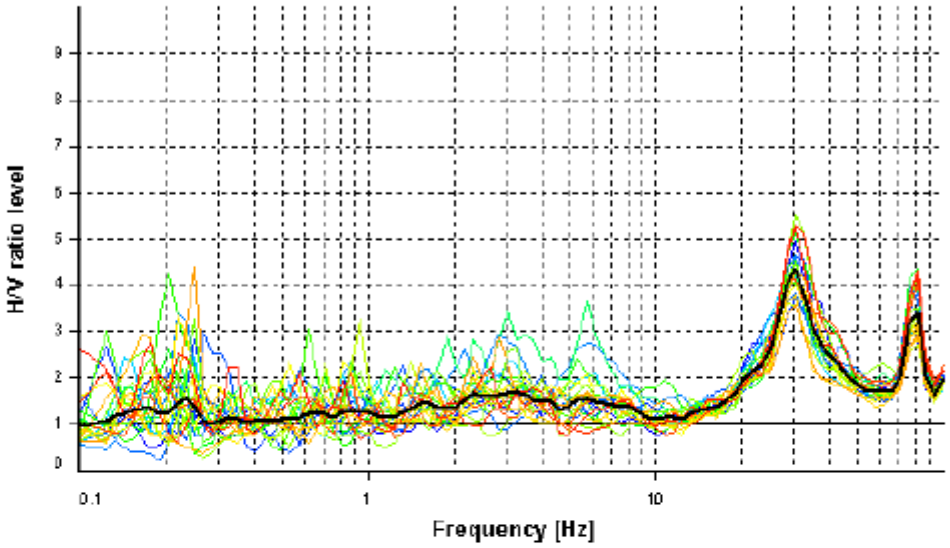




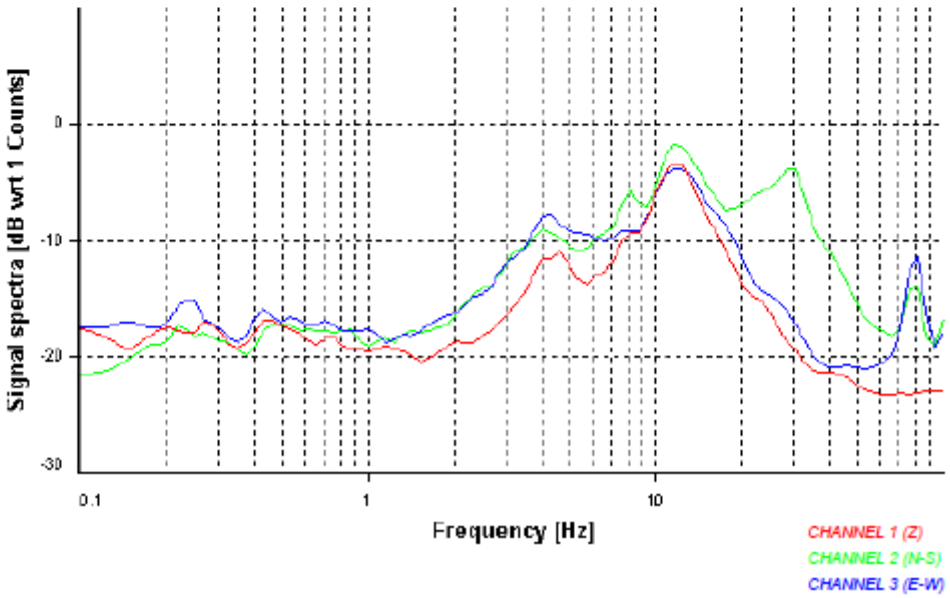
HVSR ANALYSIS

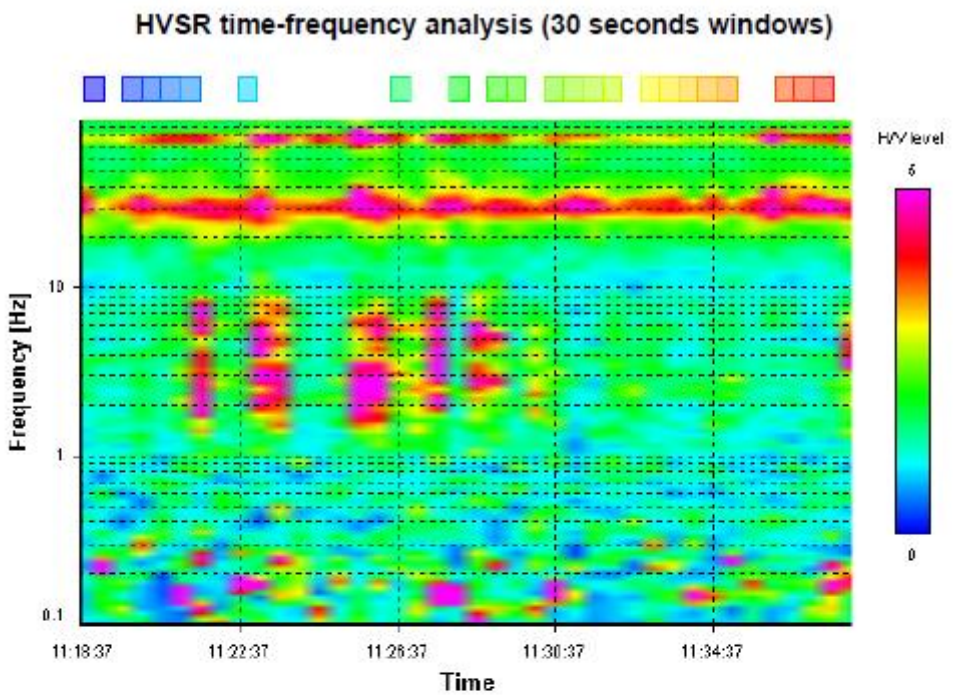
Tapering: Enabled (Bandwith = 5%)
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)
Instrumental correction: Disabled

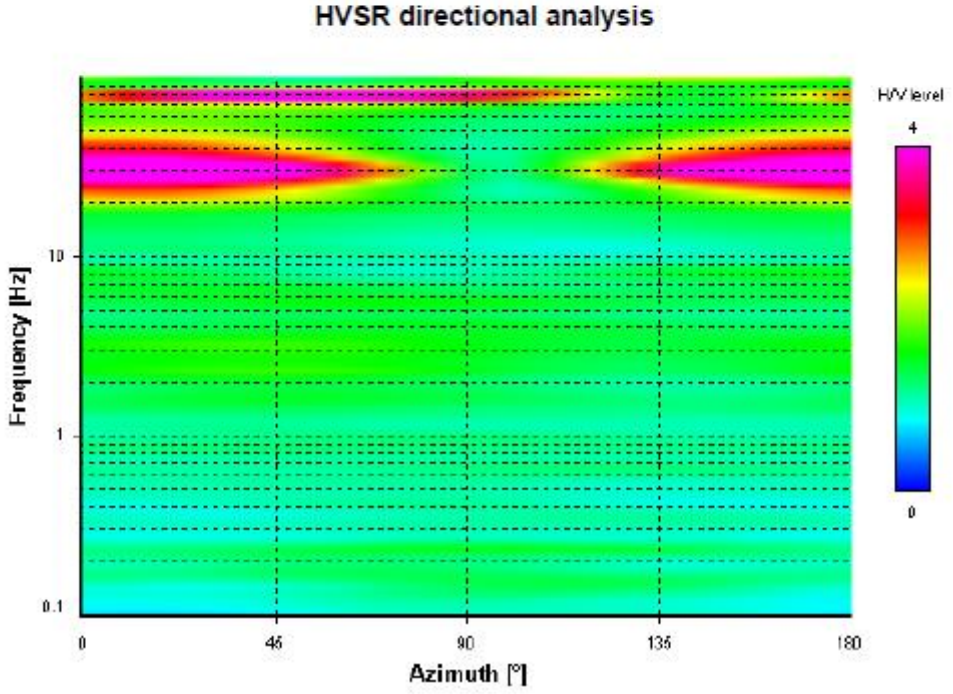
HVSR average



Signal spectra average




HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)
H/V level
6
0
Frequency [Hz]
10
1
0.1
11:18:37
11:22:37
11:26:37
11:30:37
11:34:37
Time


HVSR directional analysis
H/V level
4
0
Frequency [Hz]
10
1
0.1
0
45
90
135
180
Azimuth [°]

ALLEGATO V - 6

Stazione tromografica 6

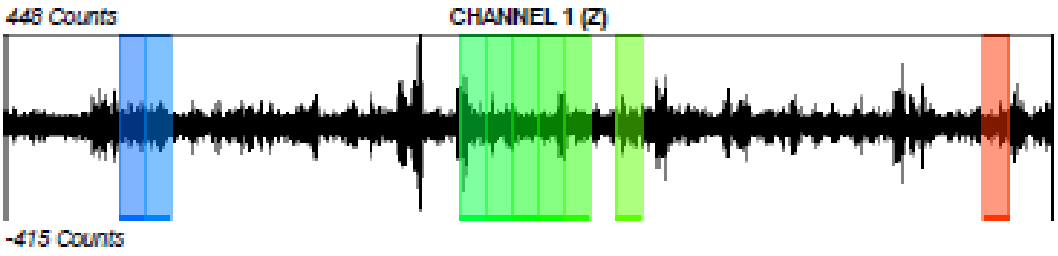


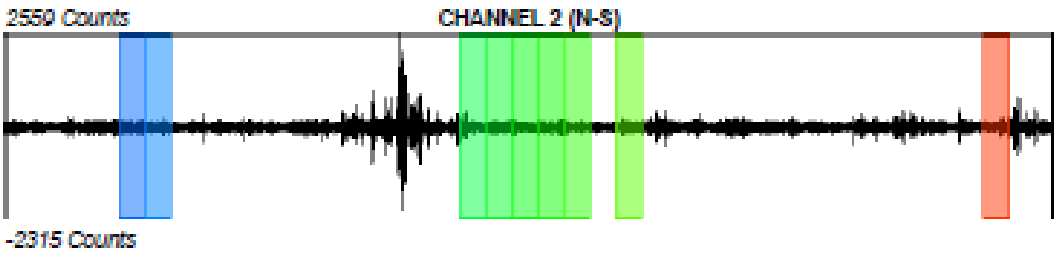
Punto rilievo strumentale in situ

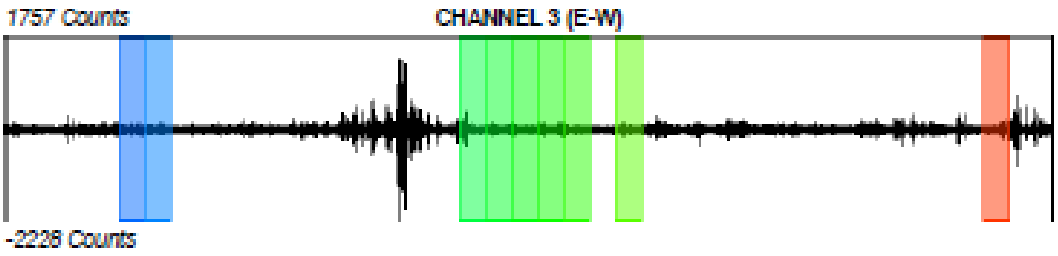
Strumento:	SARA GEOBOX SR04 4.5 Hz, no GPS – n. 0161;
Certificazioni:	vedi allegato IV;
Software:	SEISMOWIN 1.3.7 – GEOEXPLORER HVSR 2.0.1;
Operatore acquisizione dati:	Alessandro GENNAI;
Elaborazione dati:	Alessandro GENNAI;
Localizzazione:	sommità traversa – 2° corpo – 14 metri da scaricatore;
Orientazione:	Y-N270°;
Tempo atmosferico:	soleggiato, T = 25°C - Vento: assente – Pioggia: assente;
Contatto punte:	corte – su struttura in cls;
vicino a:	acque ruscellanti;
Transienti:	vibrazioni traffico autostradale - vento.

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	400 Hz
Recording start time:	2015/05/12 15:50:32
Recording length:	20 min
Windows count:	9
Average windows length:	30
Signal coverage:	22.5 %



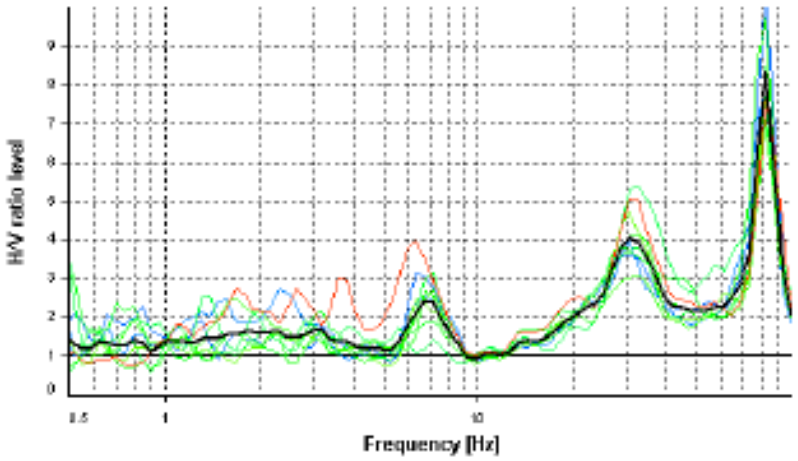




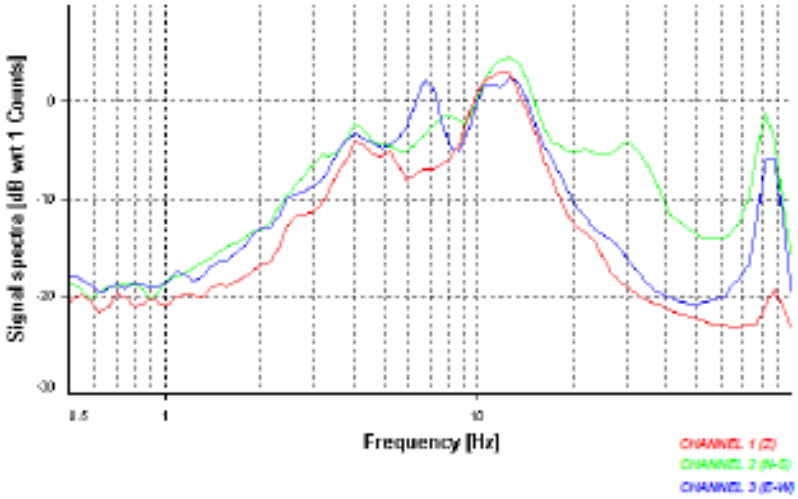
HVSR ANALYSIS

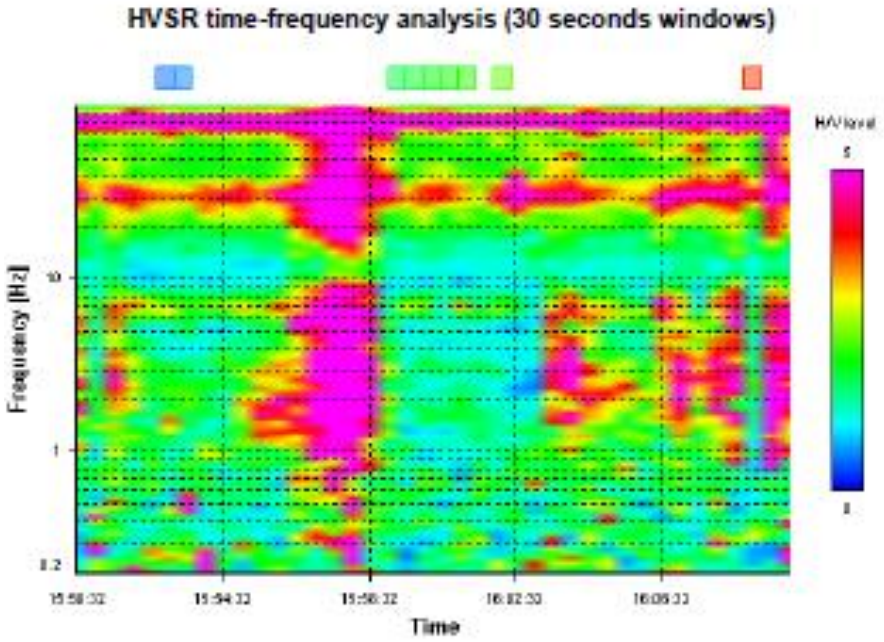
Tapering: Enabled (Bandwith = 5%)
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)
Instrumental correction: Disabled

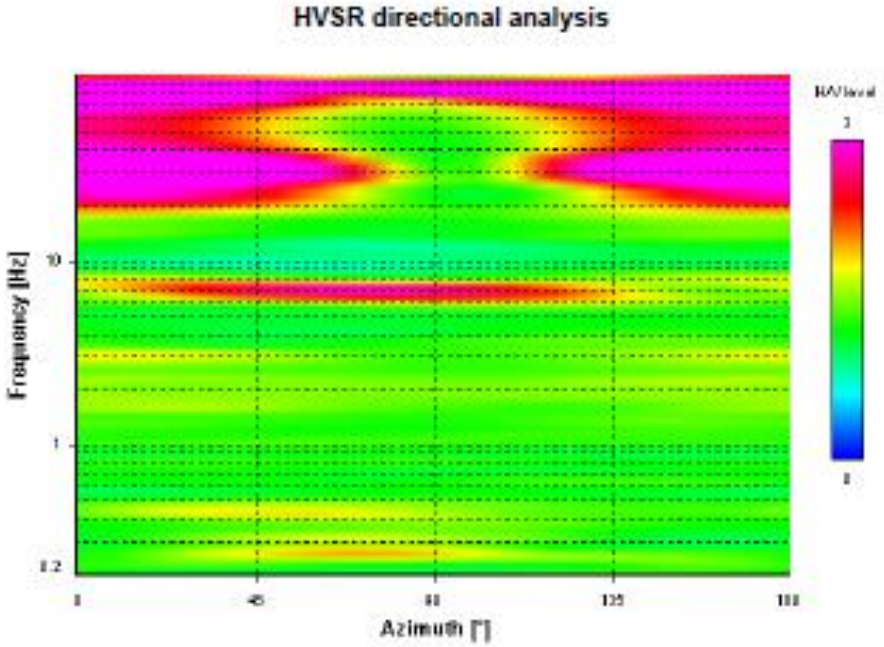
HVSR average



Signal spectra average




HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)
Frequency [Hz]
Time


HVSR directional analysis
Frequency [Hz]
Azimuth [°]

ALLEGATO V-7

Stazione tromografica 7

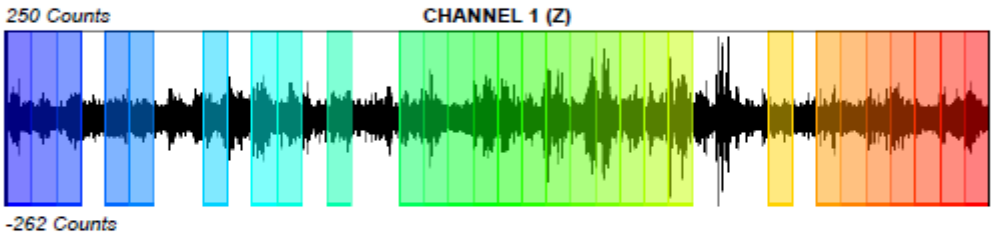


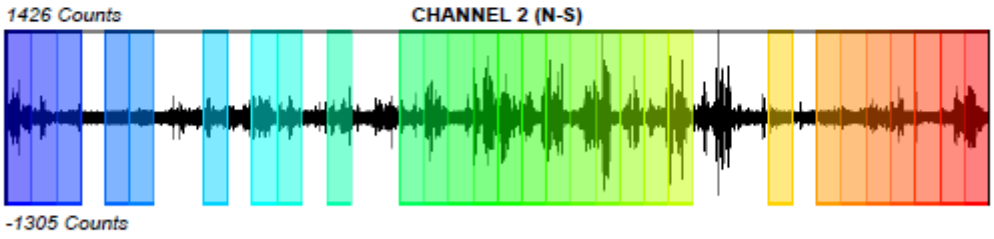
Punto rilievo strumentale in situ

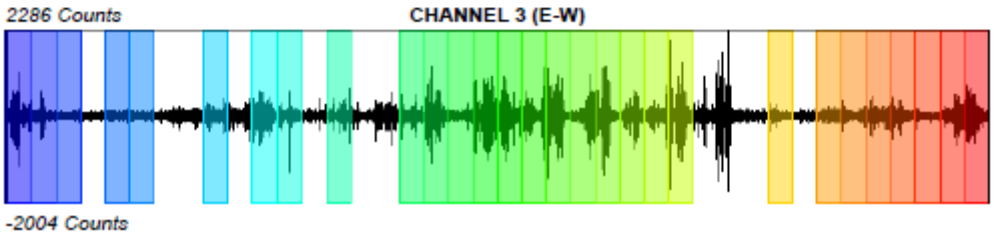
Strumento:	SARA GEOBOX SR04 4.5 Hz, no GPS – n. 0161;
Certificazioni:	vedi allegato IV;
Software:	SEISMOWIN 1.3.7 – GEOEXPLORER HVSR 2.0.1;
Operatore acquisizione dati:	Alessandro GENNAI;
Elaborazione dati:	Alessandro GENNAI;
Localizzazione:	sommità traversa – 2° corpo – 22,5 metri da scaricatore;
Orientazione:	Y-N270°;
Tempo atmosferico:	soleggiato, T = 25°C - Vento: assente – Pioggia: assente;
Contatto punte:	corte – su struttura in cls;
vicino a:	acque ruscellanti;
Transienti:	vibrazioni traffico autostradale - vento.

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	400 Hz
Recording start time:	2015/05/23 11:47:04
Recording length:	20 min
Windows count:	29
Average windows length:	29.94
Signal coverage:	72.35 %



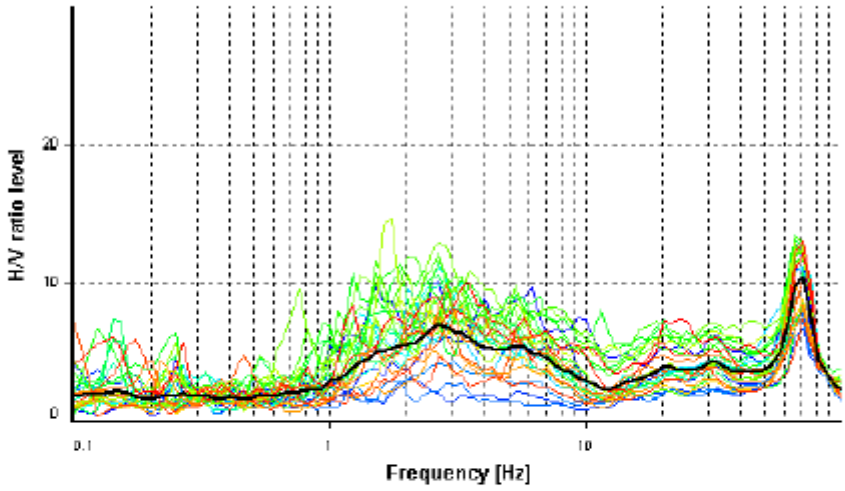




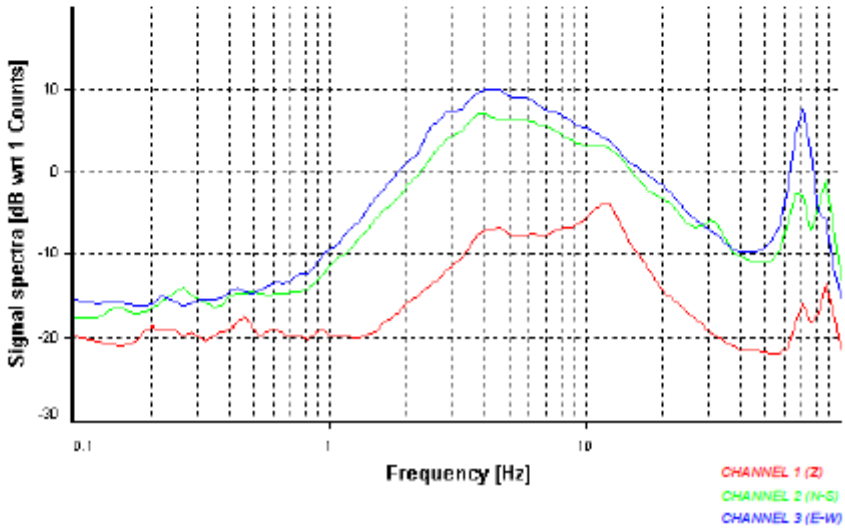
HVSR ANALYSIS

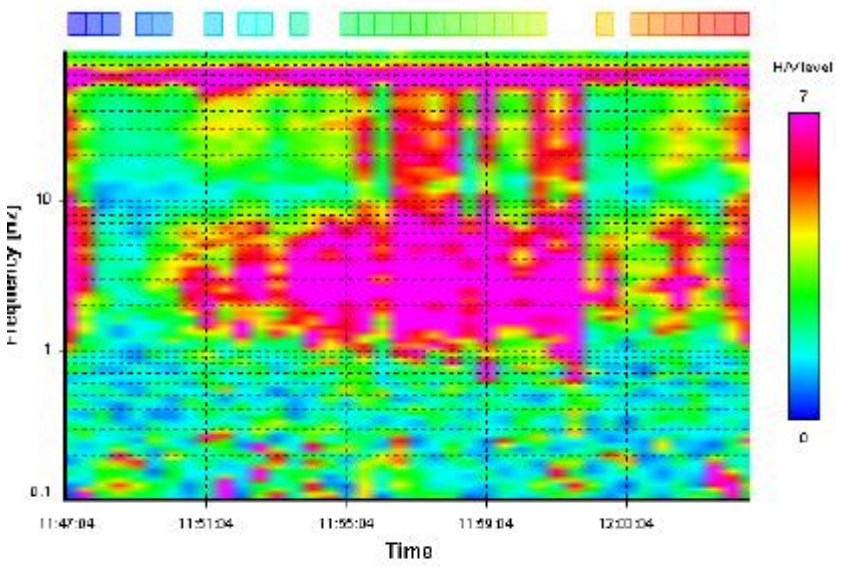
Tapering: Enabled (Bandwith = 5%)
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)
Instrumental correction: Disabled

HVSR average

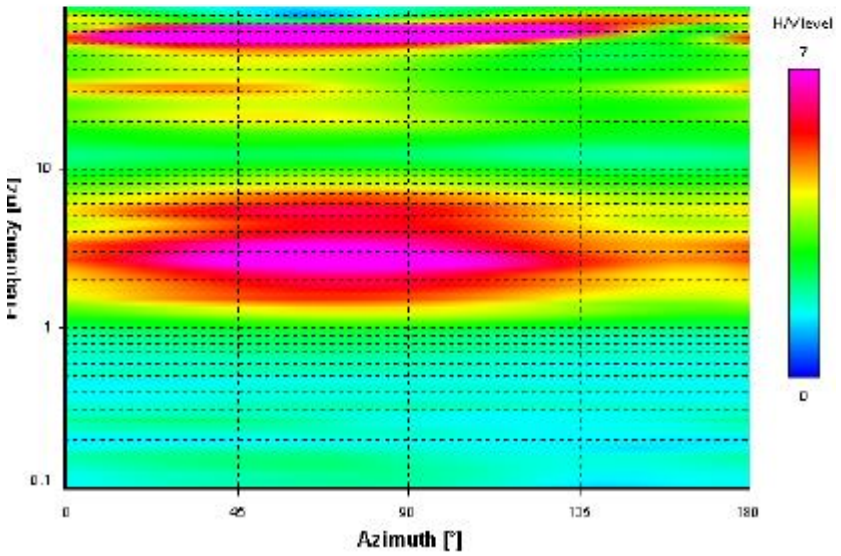


Signal spectra average





HVSR directional analysis



ALLEGATO V-8

Stazione tromografica 8

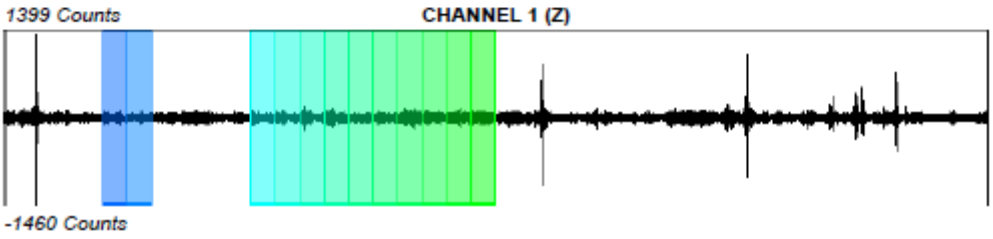


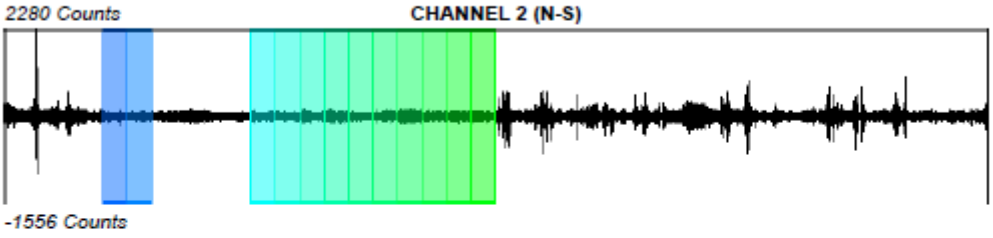
Punto rilievo strumentale in situ

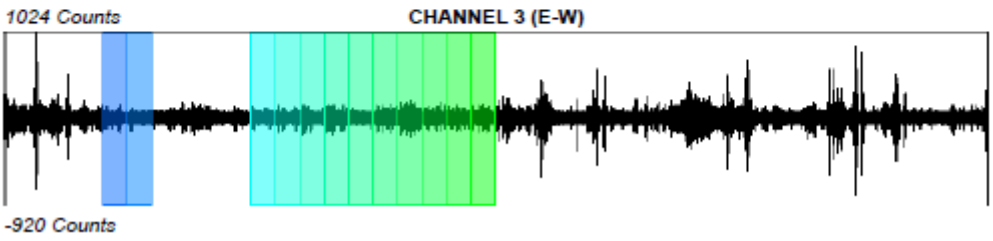
Strumento:	SARA GEOBOX SR04 4.5 Hz, no GPS – n. 0161;
Certificazioni:	vedi allegato IV;
Software:	SEISMOWIN 1.3.7 – GEOEXPLORER HVSR 2.0.1;
Operatore acquisizione dati:	Alessandro GENNAI;
Elaborazione dati:	Alessandro GENNAI;
Localizzazione:	sommità traversa – 2° corpo – 25 metri da scaricatore;
Orientazione:	Y-N270°;
Tempo atmosferico:	soleggiato, T = 25°C - Vento: assente – Pioggia: assente;
Contatto punte:	corte – su struttura in cls;
vicino a:	acque ruscellanti;
Transienti:	vibrazioni traffico autostradale - vento.

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency:	400 Hz
Recording start time:	2015/05/12 16:15:15
Recording length:	20 min
Windows count:	12
Average windows length:	30
Signal coverage:	30 %



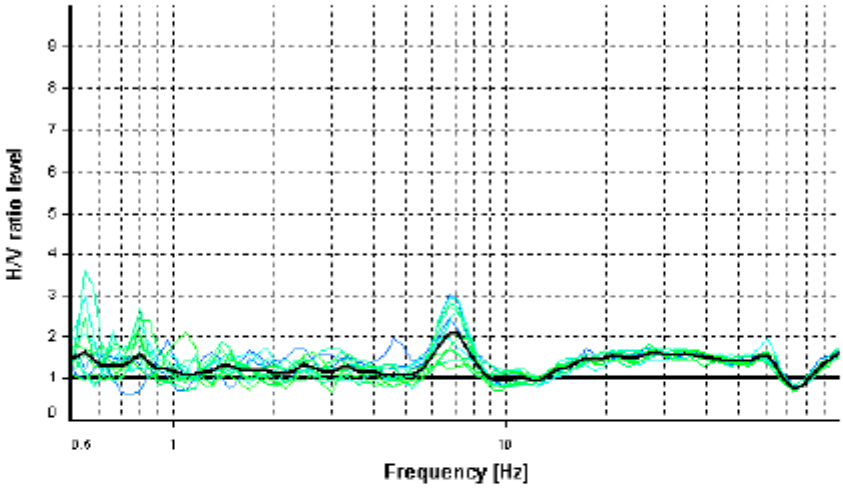




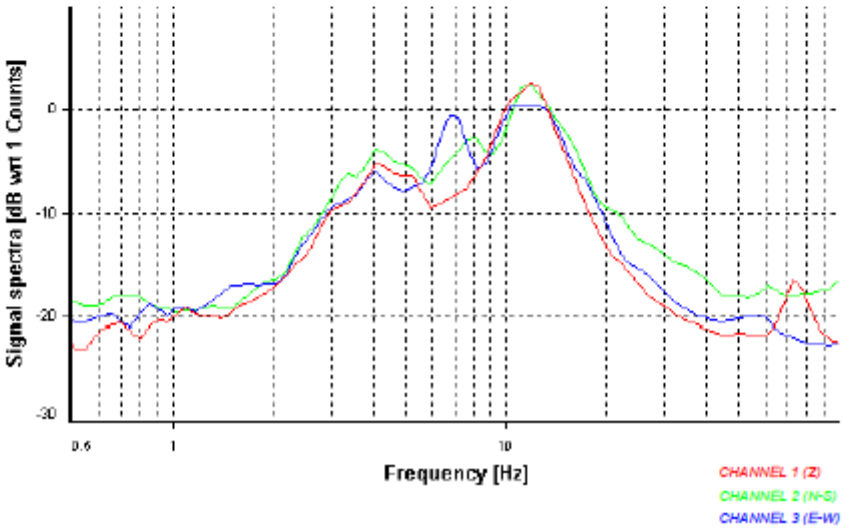
HVSR ANALYSIS

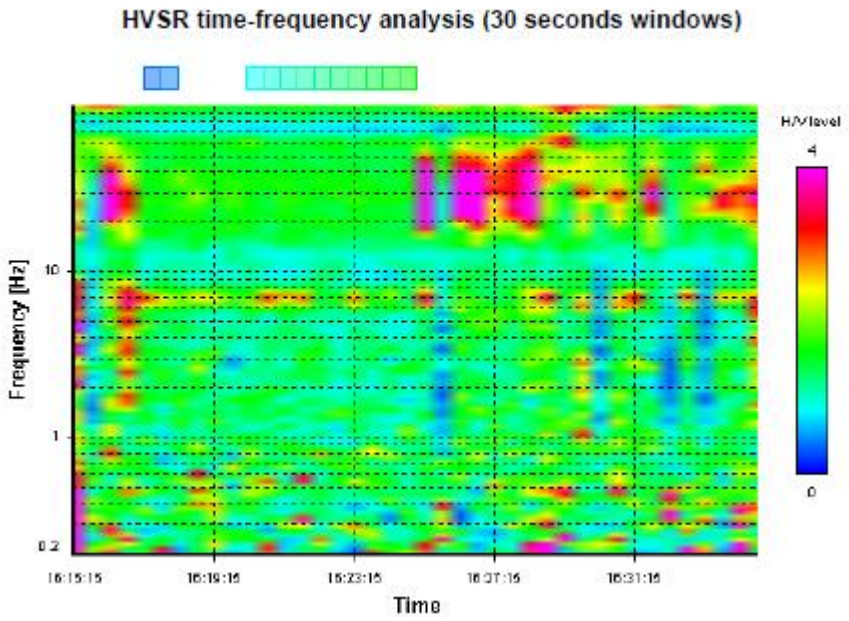
Tapering: Enabled (Bandwith = 5%)
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwith coefficient = 40)
Instrumental correction: Disabled

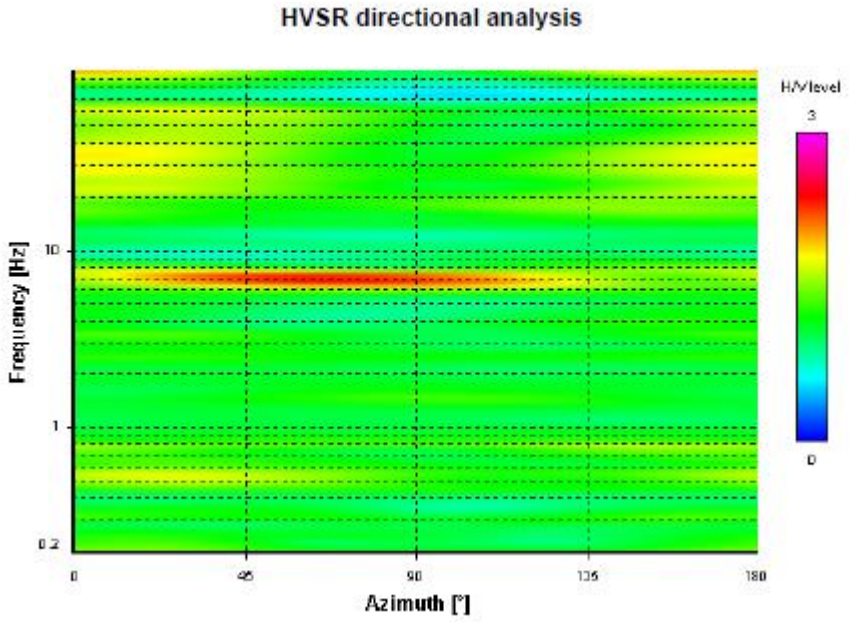
HVSR average



Signal spectra average




HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)
H/V level
4
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
16:15:15
16:19:16
16:23:15
16:27:16
16:31:16
Time


HVSR directional analysis
H/V level
3
0
Frequency [Hz]
10
1
0.2
0
45
90
135
180
Azimuth [°]

ALLEGATO VI

Ricerca frequenza caratteristica della struttura mediante analisi con trasformata di Fourier del sismogramma rilevato per ciascun punto d'indagine.

Sulla base dei sismogrammi ottenuti in situ, il segnale è stato studiato ed elaborato mediante il programma SURVEY di Sara Srl di Perugia.

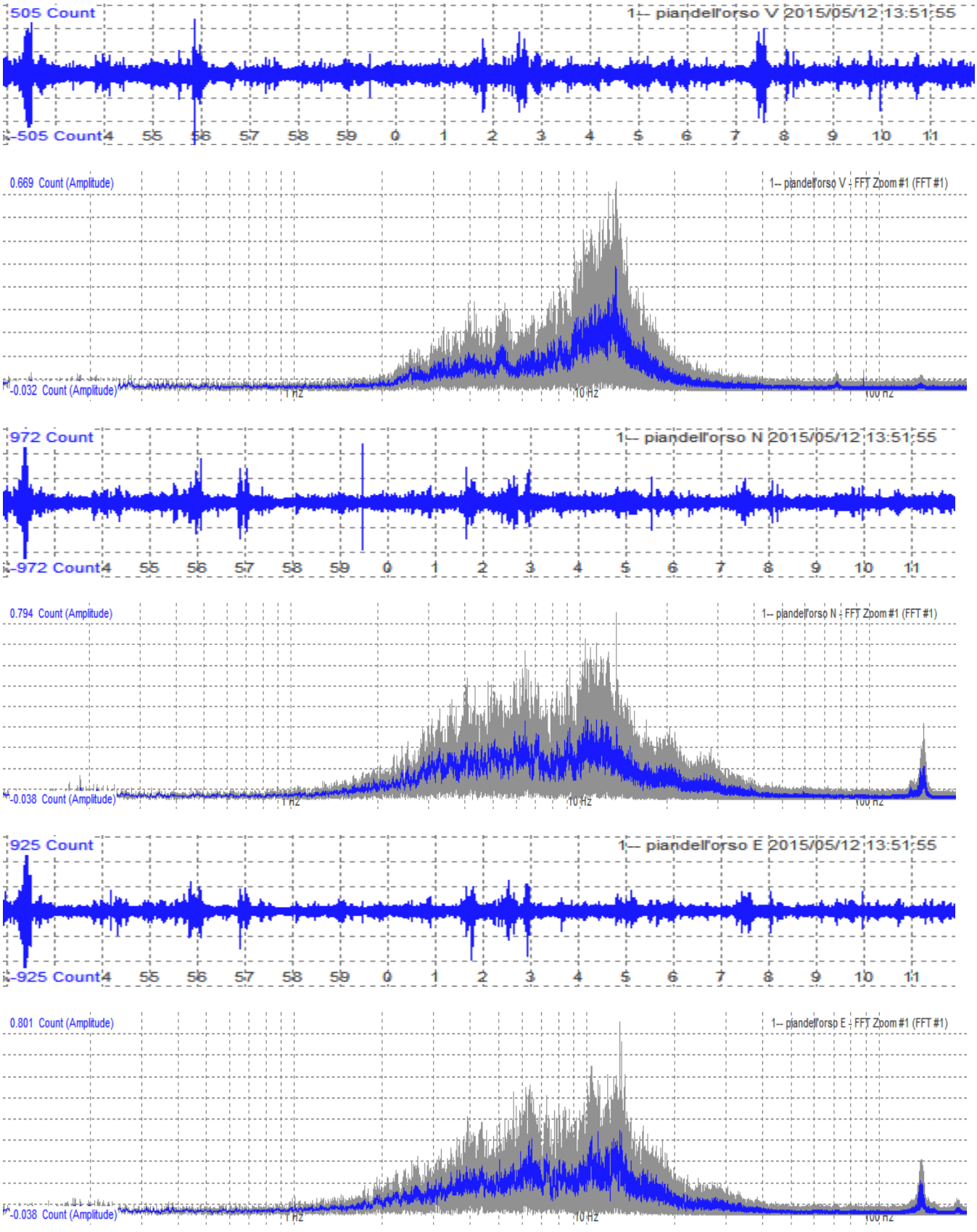
Di seguito vengono allegati i relativi segnali ed il risultato dell'elaborazione in un intervallo compreso tra 0,1 e 100 Hz con smussamento della media dei risultati e nella tabella illustrata di seguito vengono indicati i valori caratteristici.

postazione	orientamento	count	F	T
1	V	505	12,7	0.079
	N (Y)	972	10,5	0,095
	E (X)	925	10,5	0,097
2	V	483	12,5	0,080
	N (Y)	670	10,5	0,095
	E (X)	691	10,4	0,096
3	V	1469	12	0,083
	N (Y)	13715	11,6	0,086
	E (X)	1757	10,6	0,090
4	V	345	12,4	0,080
	N (Y)	1799	13,3	0,075
	E (X)	629	13,2	0,078
5	V	130	11,9	0,084
	N (Y)	327	11,56	0,086
	E (X)	430	11,4	0,087
6	V	446	12,5	0,080
	N (Y)	2557	10,44	0,095
	E (X)	1144	10,06	0,094
7	V	262	12,46	0,080
	N (Y)	1424	3,75	0,27
	E (X)	2283	3,93	0,27
8	V	1460	12,4	0,080
	N (Y)	2279	11,4	0,087
	E (X)	1021	11,4	0,087

Tab. 1: valori caratteristici

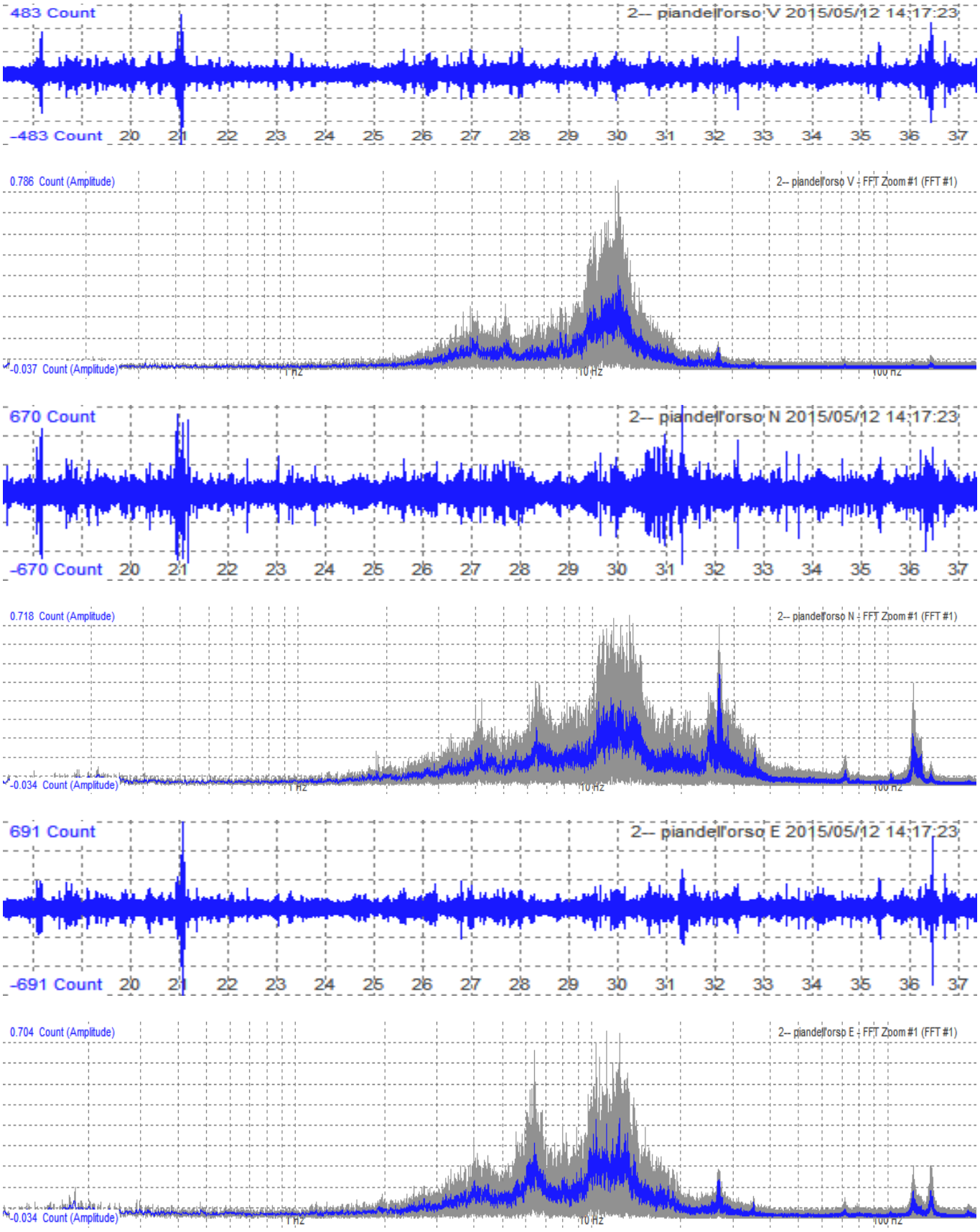
ALLEGATO VI - 1

Determinazione del Periodo (o inversamente frequenza) caratteristica per stazione T1



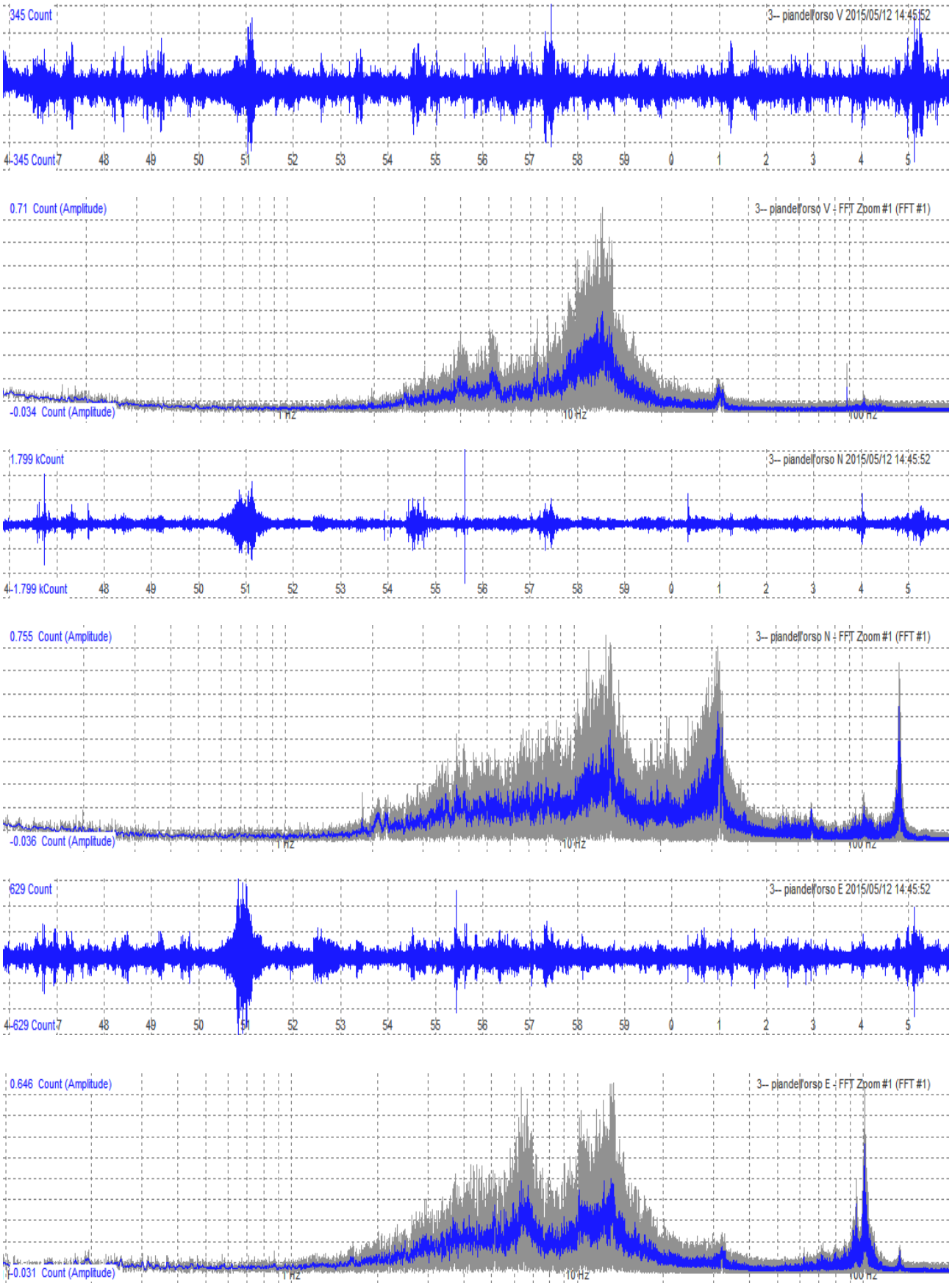
ALLEGATO VI - 2

Determinazione del Periodo (o inversamente frequenza) caratteristica per stazione T2



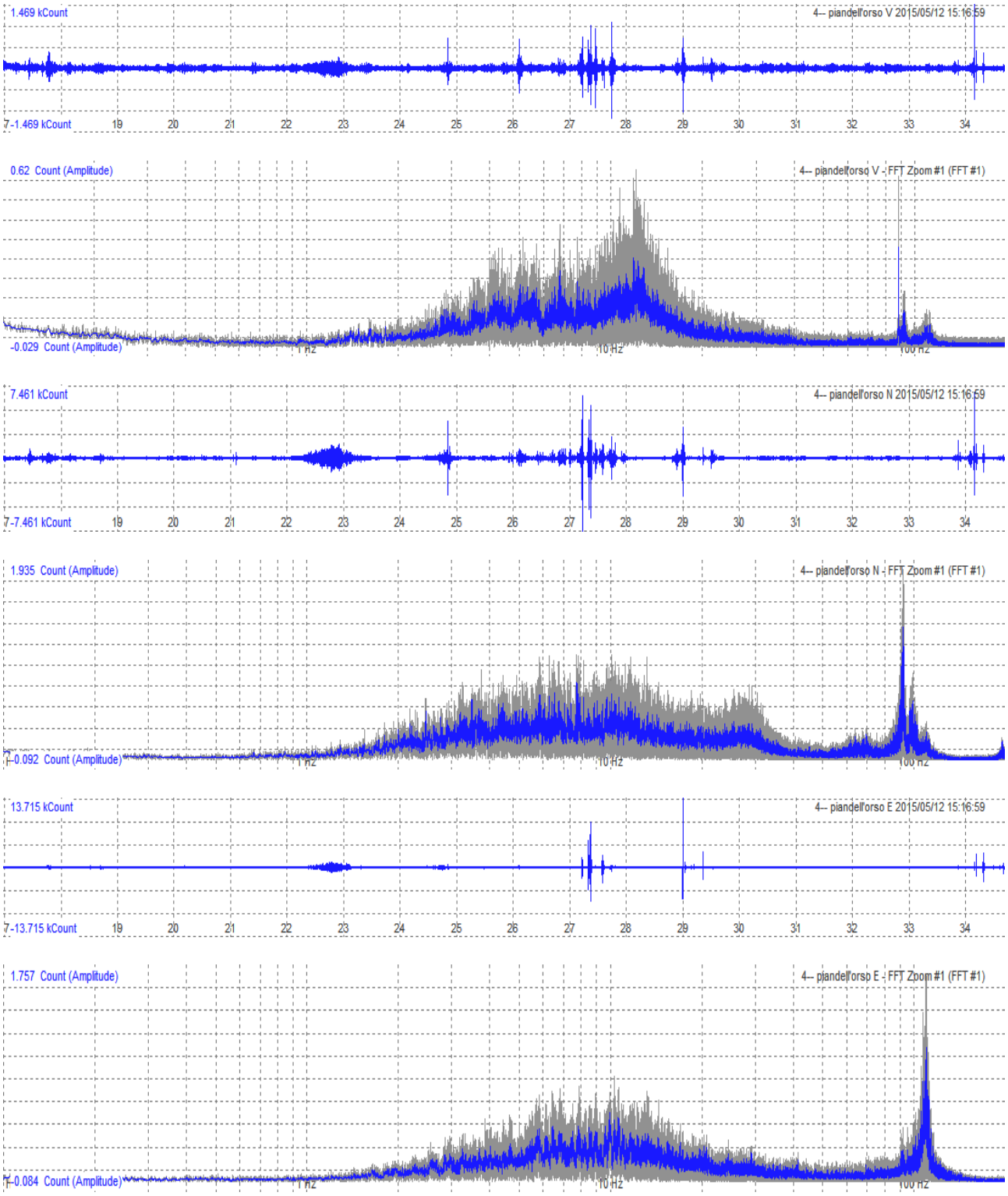
ALLEGATO VI - 3

Determinazione del Periodo (o inversamente frequenza) caratteristica per stazione T3



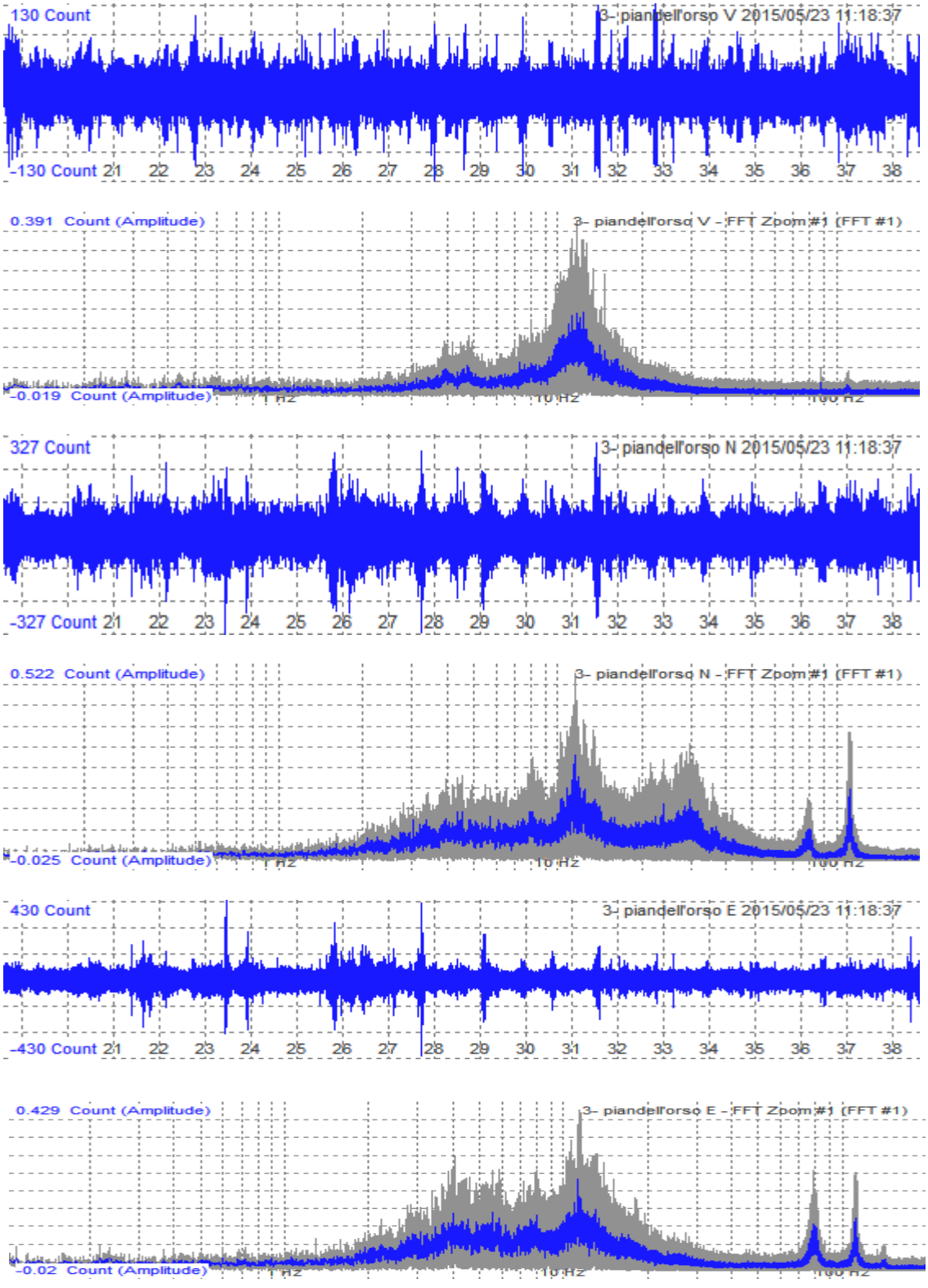
ALLEGATO VI - 4

Determinazione del Periodo (o inversamente frequenza) caratteristica per stazione T4



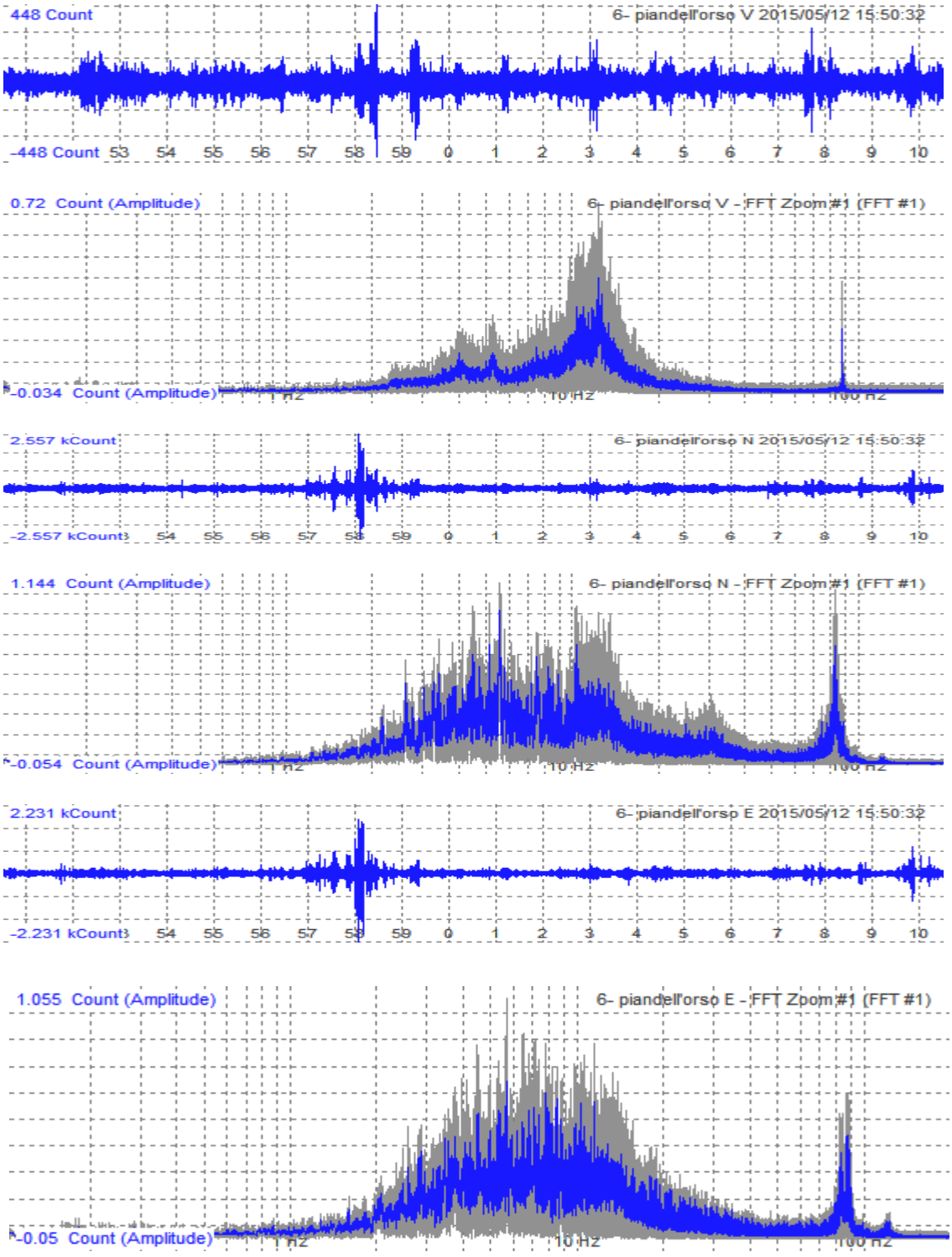
ALLEGATO VI – 5

Determinazione del Periodo (o inversamente frequenza) caratteristica per stazione T5



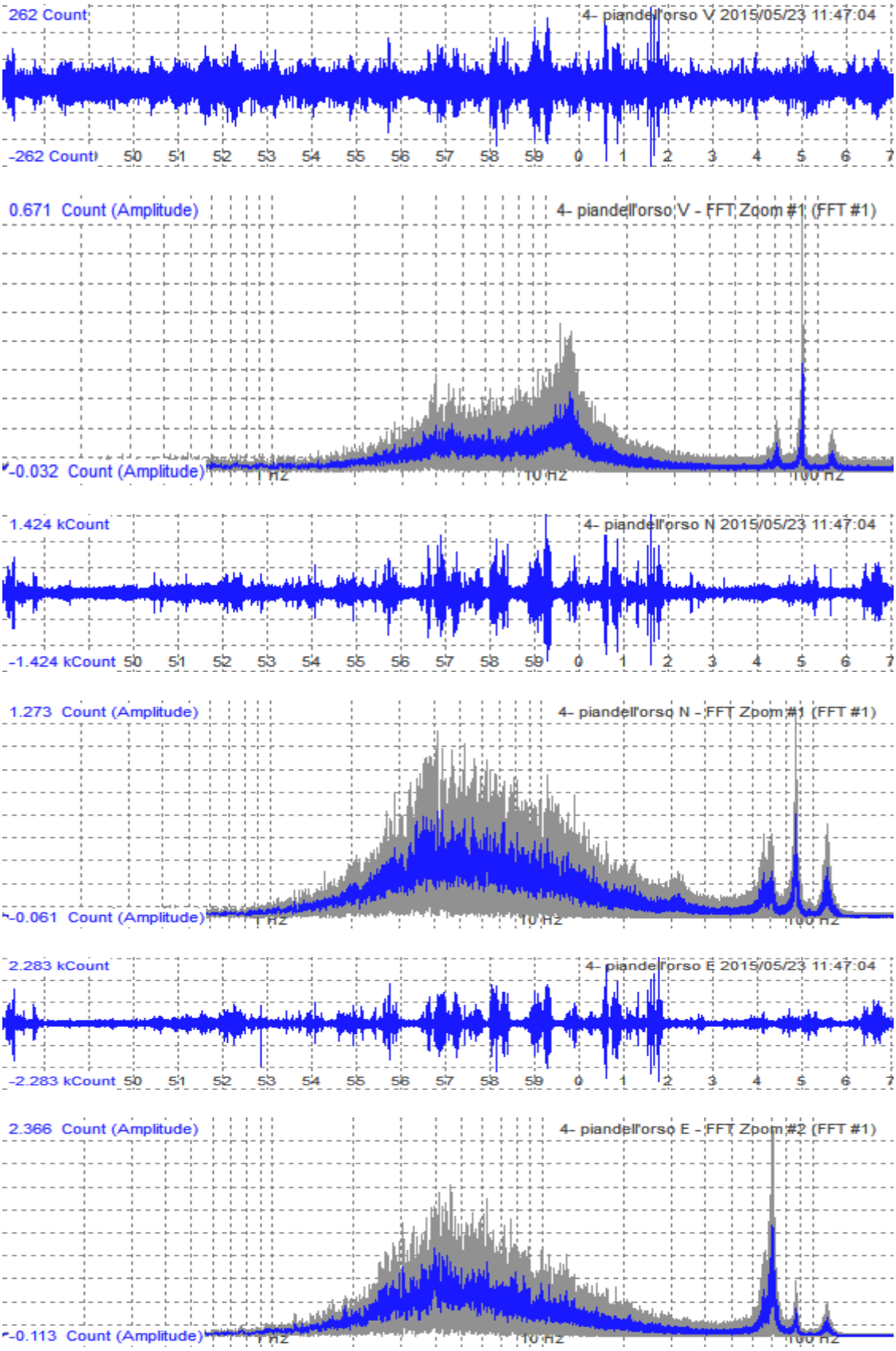
ALLEGATO VI - 6

Determinazione del Periodo (o inversamente frequenza) caratteristica per stazione T6



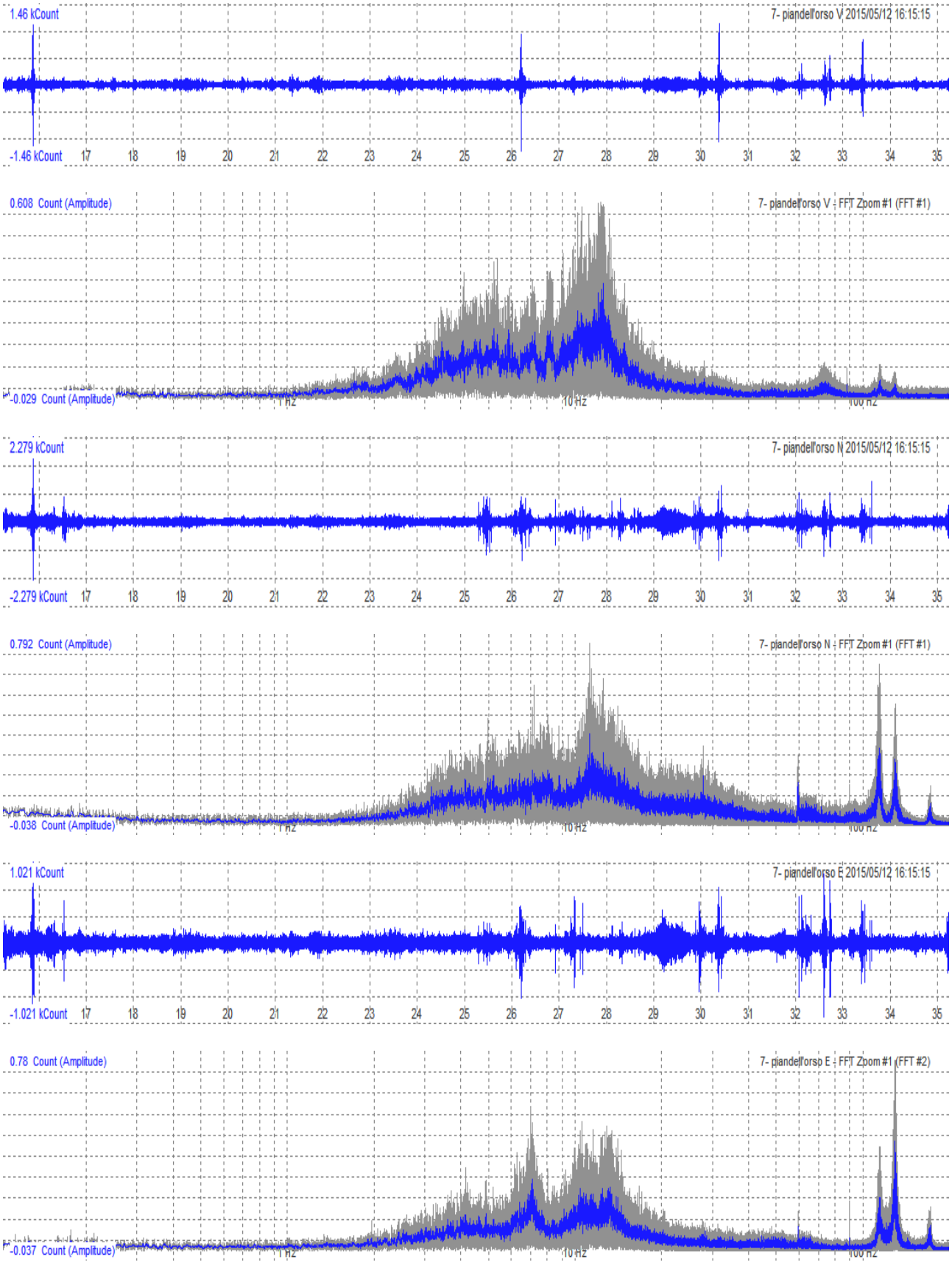
ALLEGATO VI - 7

Determinazione del Periodo (o inversamente frequenza) caratteristica per stazione T7



ALLEGATO VI - 8

Determinazione del Periodo (o inversamente frequenza) caratteristica per stazione T8



ALLEGATO VII

DICHIARAZIONE DI CONFORMITA'
e
CERTIFICATO DI CONTROLLO QUALITA'

SARA electronic instruments s.r.l.
Via Mercuri 4 - 06129 PERUGIA – ITALY
Codice Fiscale e Partita IVA Nr. IT00380320549
N.Reg.RAEE: IT08020000001128
Telefono +39 075 5051014 – Fax +39 075 5006315
email: info@sara.pg.it URL:www.sara.pg.it

dichiara che lo strumento modello: SR04 geobox nr. di serie: 1061

è stato progettato, prodotto e/o testato risultando conforme alle seguenti norme armonizzate: EN-61326-1, EN-61326-2-1, EN-61000-3-2, EN-61000-3-3, EN-61000-4-2, EN-61000-4-3, EN-61000-4-4, EN-61000-4-5, EN-61000-4-6, EN-61000-4-8, EN-61000-4-11.

è soggetto alla direttiva RAEE e quindi va smaltito opportunamente. Richiedere maggiori informazioni al produttore, se necessario. Conformità ROHS: non risulta richiesta per la classe di strumento cui appartiene (apparecchiature scientifiche).

prima della consegna è stato sottoposto a tutti i test funzionali richiesti nello specifico ed è risultato conforme agli standard applicabili.

Si raccomanda un controllo e/o calibrazione periodica ogni 2 anni dalla data di rilascio del presente documento.

sara electronic instruments

Il direttore tecnico: Mauro Mariotti

Data di rilascio 18/12/2013

CALIBRATION CERTIFICATE

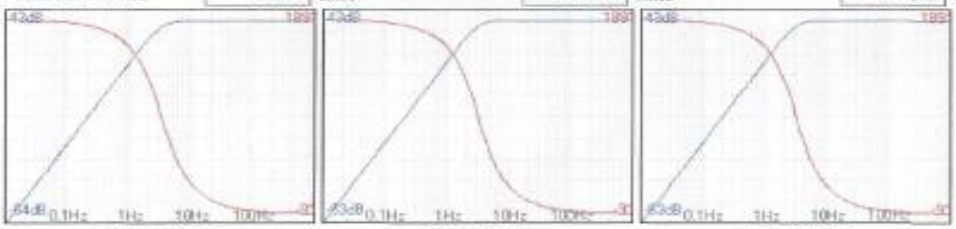
sara electronic instruments
SARA electronic instruments s.r.l.
Via Mercuri 4, 06129 - PERUGIA - Italy
www.sara.pg.it - info@sara.pg.it

Date of Calibration: 2013/05/22
Instrument type: Velocimeter
Instrument model: PF S SR04 GBX-45-NNG
Serial Number: 1061
Manufacturing Date: DIC 2013

Temperature °C:
Relative humidity %:
X div:
Y div:

Environmental seismic noise during test

	Channel 1 - Z		Channel 2 - NS		Channel 3 - EW		Measurement uncertainties	
Natural Frequency:	3.882	Hz	3.496	Hz	3.372	Hz	+/- 0.1	Hz
Natural Damping:	0.572		0.574		0.612		+/- 5	%
Output Impedance:	3400	ohm	3400	ohm	3400	ohm	+/- 5	%
Calibration Frequency:	10	Hz	10	Hz	10	Hz	+/- 0.1	Hz
Calibration Displacement:	0	m	0	m	0	m	+/- 0.000002	m
Applied Shunt:	68000	ohm	91000	ohm	150000	ohm	+/- 1	%
EigenFrequency:	3.268	Hz	3.118	Hz	3.117	Hz	+/- 0.1	Hz
Damping:	0.722		0.684		0.686		+/- 5	%
Generator Constant:	71.06007	V/m/s	71.80556	V/m/s	76.29107	V/m/s	+/- 1	%



Poles and Zeros

Unit: Rad/s
Poles
1) Re: -14.825; Im: 14.207
2) Re: -14.825; Im: -14.207
Zeros
1) Re: 0.000; Im: 0.000
2) Re: 0.000; Im: 0.000
Gain: 71.060

Poles and Zeros

Unit: Rad/s
Poles
1) Re: -13.400; Im: 14.291
2) Re: -13.400; Im: -14.291
Zeros
1) Re: 0.000; Im: 0.000
2) Re: 0.000; Im: 0.000
Gain: 71.806

Poles and Zeros

Unit: Rad/s
Poles
1) Re: -13.435; Im: 14.250
2) Re: -13.435; Im: -14.250
Zeros
1) Re: 0.000; Im: 0.000
2) Re: 0.000; Im: 0.000
Gain: 76.291

Test Equipment

Shaking Table: SARA V.1
Voltmeter: Agilent U1252A
Signal digitizer: SADC20
Scope meter: SEISMOCAL V.1.0
Last equipment test:

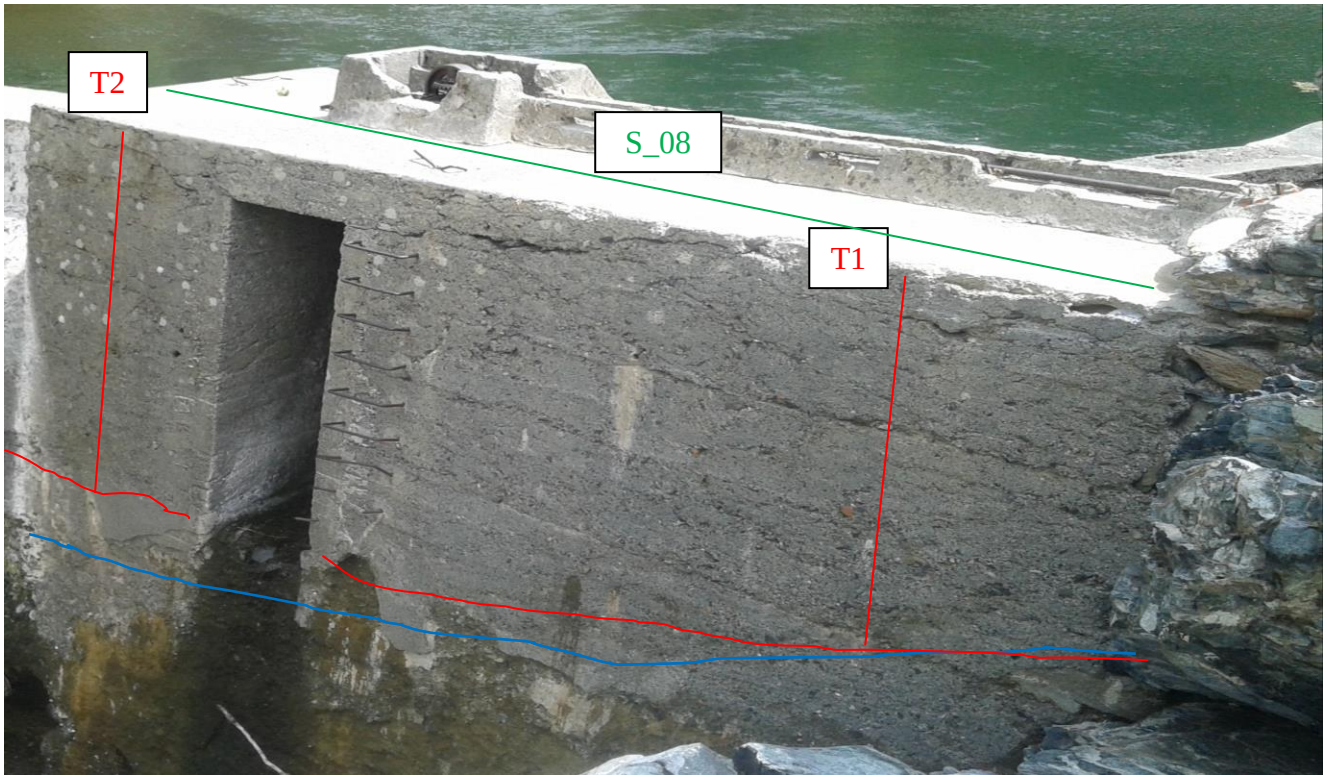
Technician:

Approved by:

sara electronic instruments s.r.l.
Via A. Mercuri, 4
06129 Perugia - Italia
partita IVA 00380320549

ALLEGATO VIII-I

Scaricatore



Ubicazione zone d'indagine e tracciato contatto substrato roccioso-manufatto in cls

Legenda:

Contatto tra manufatto in calcestruzzo e substrato roccioso: indagine georadar

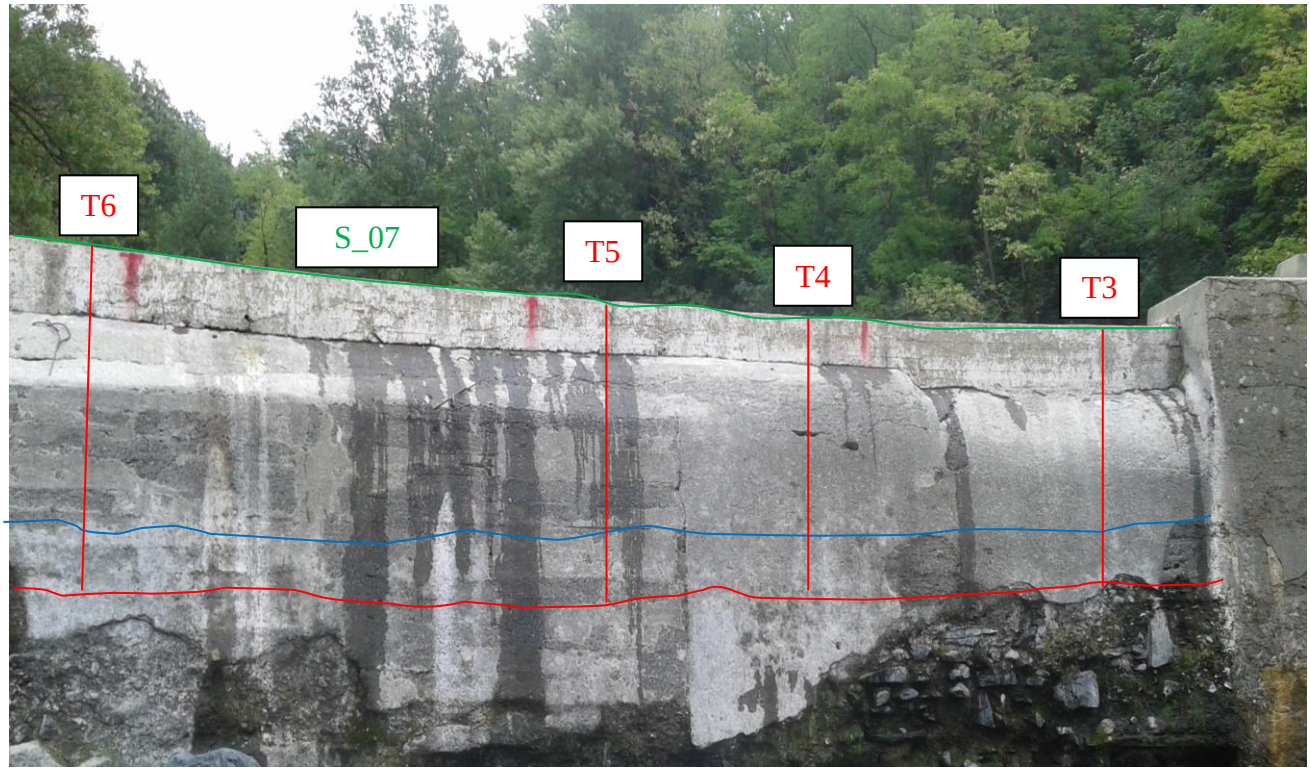
Contatto manufatto-substrato roccioso: indagine tromografica

T1, T2: Ubicazione indagine tromografica;

S_08: tracciato Indagine georadar.

ALLEGATO VIII-II

Corpo principale – lato Sud e parte centrale



Legenda:

Contatto manufatto-substrato roccioso: indagine georadar;

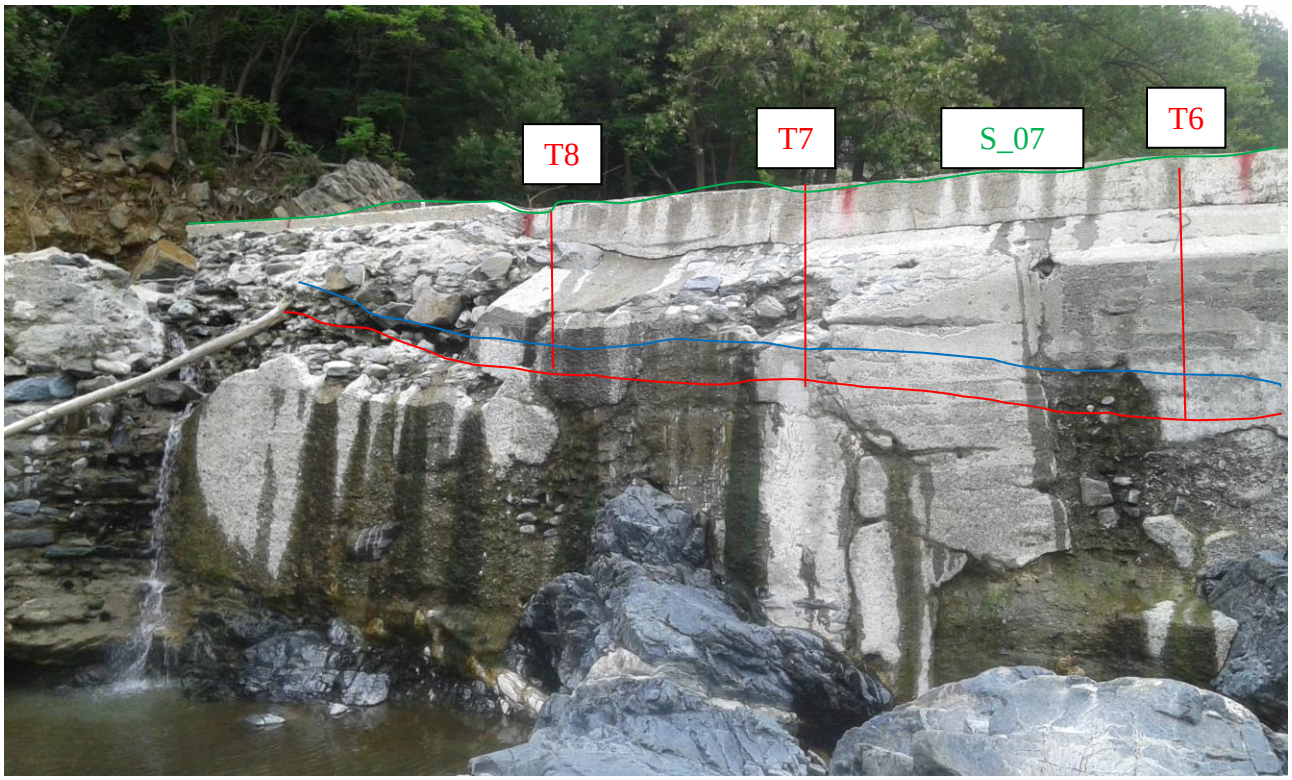
Contatto manufatto-substrato roccioso: indagine tromografica;

T3, T4, T5, T6: Ubicazione indagine tromografica;

S_07: tracciato Indagine georadar.

ALLEGATO VIII-III

Corpo Principale – parte centrale e lato Nord



Legenda:

: Contatto manufatto-substrato roccioso: indagine georadar;

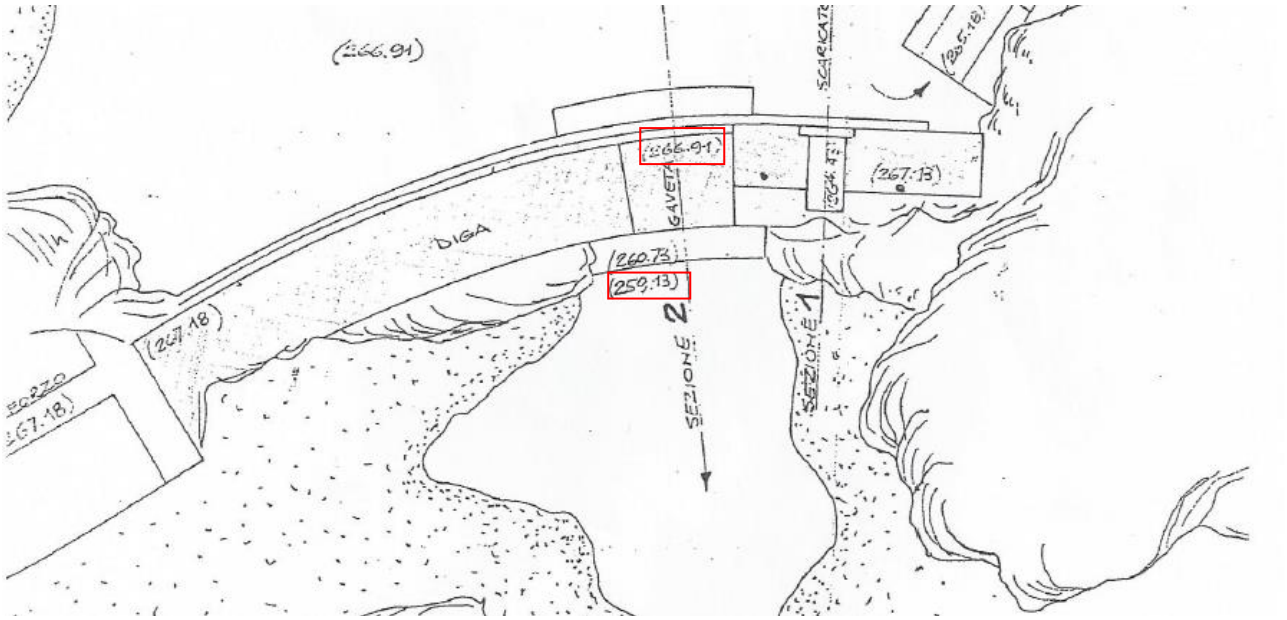
: Contatto manufatto-substrato roccioso: indagine tromografica;

T6, T7, T8: Ubicazione indagine tromografica;

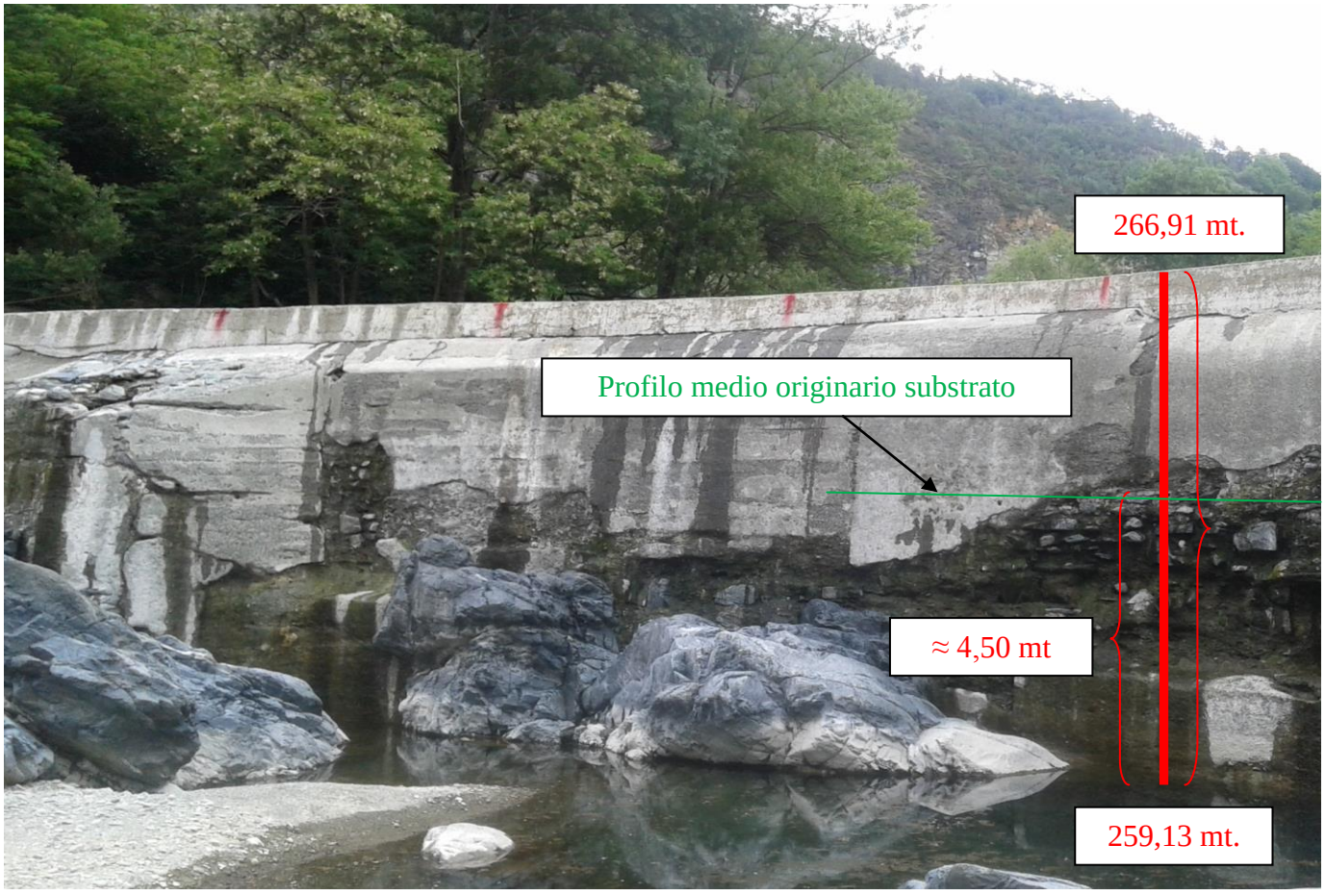
S_07: tracciato Indagine georadar.

Allegato IX

Distanza profilo originario substrato roccioso – pelo libero acqua morta



Estratto del rilievo topografico del sito in esame



Distanza profilo originario substrato roccioso – pelo libero acqua morta